

Jari Summanen

LANGATTOMAN PUNNITUSJÄRJESTELMÄN KEHITYS JA
RAKENNUS

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Syksy 2004



Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Jari Summanen	
Työn nimi Langattoman punnitussjärjestelmän kehitys ja rakennus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Langaton tiedonsiirto	Ohjaaja(t) Jukka Heino
Aika 12.11.2004	Sivumäärä 49
Tiivistelmä <p>Työssä rakennettiin langaton punnitussjärjestelmä, jonka tarkoituksena oli helpottaa punnitusten tekemistä ja kirjanpidon laatimista. Työ tehtiin kajaanilaiselle CitiusNet Oy:lle, joka tarjoaa asiakkailleen mm. verkko-, mikrotuki- ja ohjelmistopalveluitaan. Punnitussjärjestelmän tilaaja ja loppukäyttäjä oli Karelia Siitake Ay, joka on marjojen ja sienien ostoon ja myyntiin erikoistunut yritys Pohjois-Karjalasta.</p> <p>Työn langattomassa tiedonsiirrossa käytettiin hyväksi matkapuhelinta ja Bluetooth-yhteyksiä, joiden avulla punnitukset voitiin suorittaa parhaimmillaan jopa 30 metrin päästä vaa'asta. Järjestelmä suunniteltiin ja rakennettiin asiakkaan antamien rajoitusten ja toiveiden mukaisesti. Asiakas pääsi vaikuttamaan järjestelmän käyttöön liittyvissä asioissa jo kehitysvaiheessa testiversioiden ja simulaattoreiden avulla.</p> <p>Työn tuloksena oli langaton punnitussjärjestelmä, joka toimii matkapuhelimen avulla. Järjestelmä otettiin ammattikäyttöön syyskuussa 2004. Työ tarjosi mielenkiintoisia haasteita ja erittäin valaisevan kokemuksen langattomien laitteiden ja sovellusten maailmaan. Työtä tehdessä havaittiin langattomien lähiverkkojen ja matkapuhelinten käyttökelpoisuus monessa eri askareessa ja työtehtävässä, joten vastaavanlaisia järjestelmiä kyettäisiin käyttämään muihinkin käyttötarkoituksiin.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä Ei X	
Hakusanat Bluetooth, punnitussjärjestelmä, langaton tiedonsiirto	
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto	



Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Information Technology
Author(s) Jari Summanen	
Title A Bluetooth Measurement System	
Optional professional studies Wireless data transmission	Instructor(s) / Supervisor(s) Heino Jukka
Date 1 October 2004	Total number of pages 49
Abstract <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to build a wireless Bluetooth scaling system, which makes scaling and bookkeeping easier. The system was designed and built with the help of the client's wishes. The usage of the system was made as easy and fast as possible. Then the functioning of the system would be convenient for professional use.</p> <p>The wireless data transfer of the system was made with a mobile phone and Bluetooth connections. This helped to make measurements up to the distance of 30 metres from the scale. While developing the system, the client had several test versions and simulators. Thus the client could express his opinion and had an effect on the result.</p> <p>The result of the thesis was a wireless scaling system, which worked as designed. The system could measure weights, save the results into a database, print receipts and transfer databases between the mobile phone and a desktop computer.</p> <p>When the system was developed, information technology became familiar, for example wireless local area networks, programming and telecommunications. It could be noticed how convenient wireless local area networks are for many different uses. Wireless equipment offered new kind of comfort for routine tasks by giving more freedom to accomplish the task.</p>	
Confidential Yes No X	
Keywords Bluetooth, measurement system, wireless	
Deposited at Kajaani Polytechnic library	

ALKUSANAT

Insinöörityö tehtiin CitiusNet Oy:lle, ja sen kehittämiseksi aloitettiin alustavat selvitykset jo helmikuussa 2004. Järjestelmän kehittäminen saatiin täyteen vauhtiin toukokuussa 2004, ja se jatkui syyskuuhun 2004.

Haluan kiittää CitiusNet Oy:n henkilökuntaa, ja erityisesti TJ Jukka Juvansuuta ja ohjelmoija Hannu Tanskasta hyvästä insinöörityön aiheesta, työhön panostamisesta ja tuesta. Lisäksi tahdon kiittää insinöörityön valvojaa DI Jukka Heinoa ohjauksesta ja opetuksesta.

Kiitokset kuuluvat myös vanhemmilleni, sukulaisilleni ja ystävilleni, sekä erityinen kiitos kihlatulleni Minna Karppiselle tuesta opiskeluiden ja insinöörityön tekemisen aikana.

Työn aikana kehityin monessa tietotekniikka-alan työtehtävässä. Sain tästä insinöörityöstä paljon hyödyllisiä kokemuksia ja tietoja tulevia työtehtäviä ajatellen.

Kajaanissa 27.9.2004

Jari Summanen

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	9
2 TIEDONSIIRTO	11
2.1 WLAN	11
2.1.1 Standardit	12
2.1.2 Topologiat	13
2.1.3 Tekniikat	14
2.2 IrDA.....	18
2.3 Bluetooth.....	19
2.3.1 Yleistä	19
2.3.2 Verkon topologia.....	20
2.3.3 Toiminta	21
2.3.4 Bluetoothin liikennöinti	21
2.3.5 Piconet-radiolinkinhallinta	23
2.3.6 Yhteyden hallinta	25
2.3.7 Protokollat.....	25
3 LAITTEISTO	28
3.1 Vaaka.....	29
3.2 Matkapuhelin.....	29
3.3 Tulostin	30
3.4 Työasema	31
3.5 RS232-Bluetooth-Converter.....	31
3.6 USB-Bluetooth-adapteri	31
3.7 RS232-kaapeli	32
3.7.1 RS232-kaapelin kytkeminen	32
5 OHJELMISTOT.....	36
5.1 J2ME.....	36

5.2 Mobile Basic 2.0.....	37
5.3 MobileVB 4.0.....	37
5.4 Ghost Installer Studio.....	38
5.5 Tietokannat ja SQL	38
5.6 Punnitusjärjestelmän ohjelmat	39
5.6.1 Citius Scale Mobile	40
5.6.2 Citius Scale Desktop.....	41
5.6.3 Citius Scale Simulator.....	41
5.6.4 Ohjelmien tietokannat	42
6 TESTAUS	43
7 TULOKSET JA TULOKSIEN TARKASTELU	45
8 YHTEENVETO.....	47

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

LYHENTEIDEN SELITYKSET

API	Application Programming Interface (luokkakirjasto). Rajapinta, jonka ohjelmakutsujen avulla sovellusohjelma on yhteydessä käyttöjärjestelmään ja puhelimen laitteistoon.
BSS	Basic Service Set. IEEE 802.11-suosituksen perusarkkitehtuuri.
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications. Digitaalinen puhelinjärjestelmä.
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum. Suorasekvenssinen hajaspektrijärjestelmä.
ESS	Extended Service Set. BSS-verkon laajennus, jossa useat tukiasemat kytketään samaan runkoverkkoon.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Eurooppalainen telekommunikaatioalan standardointijärjestö.
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum. Taajuushyppelyhajaspektritekniikka
GPRS	General Packet Radio System. Yleinen pakettiradiopalvelu.
HIPERLAN	High Performance Radio Local Area Network. Langattoman lähiverkon standardi.
IBSS	Independent Basic Service Set. Tilapäinen lähiverkko, joka ei kytkeydy kiinteään verkkoon.
IDE	Integrated Development Environment. Kehitysympäristö.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Tietokonealan kansainvälinen kattojärjestö.
IR	InfraRed. Infrapuna
IrDA	Infrared Data Association. Infrapunasiirtoon perustuvaa tiedonsiirtostandardia ylläpitävä yhteenliittymä.
ISM	Industrial Scientific Medical. Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia.

J2ME	Java 2 Micro Edition. Java 2-versio, joka on tarkoitettu matkapuhelinten ja PDA-laitteiden ohjelmille.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko.
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol. Kuvaa hakemistopalvelimen ja sitä käyttävän asiakkaan tavan keskustella toistensa kanssa.
MAC	Media Access Control. Verkkosovittimen uniikki kuusita- vuinen koodi.
MIDlet	Java MIDP-sovellus.
MIDP	Mobile Information Device Profile. J2ME-laajennukset, jotka on suunniteltu matkapuhelinkäyttöön.
MMC	MultiMediaCard. Multimediakortti.
PDA	Personal Digital Assistant. Kämmentietokone.
QoS	Quality of Service. Palvelun laatu.
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service. Ohjelmis- topohjainen yhteyskäytäntö.
SIS	Symbian Installation System. Symbian asennuspaketti.
SQL	Structure Query Language. Standardoitu relaatiotieto- kantojen kyselykieli.
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol. Langattoman verkon tietoturvaa parantamaan kehitetty protokolla.
USB	Universal Serial Bus. Tietokone- ja tietoliikenneteolli- suuden kehittämä oheislaitteiden väylästandardi
VPN	Virtual Private Network. Virtuaalinen sisäverkko.
WEP	Wired Equivalent Privacy. Langattoman verkon suo- jausprotokolla.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Tuotemerkki, joka annetaan Wi-Fi Al- liancen testejen läpipäässeille langattomille tuotteille.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko.
WPA	Wi-Fi Protected Access. Langattoman liikenteen salaus- standardi

1 JOHDANTO

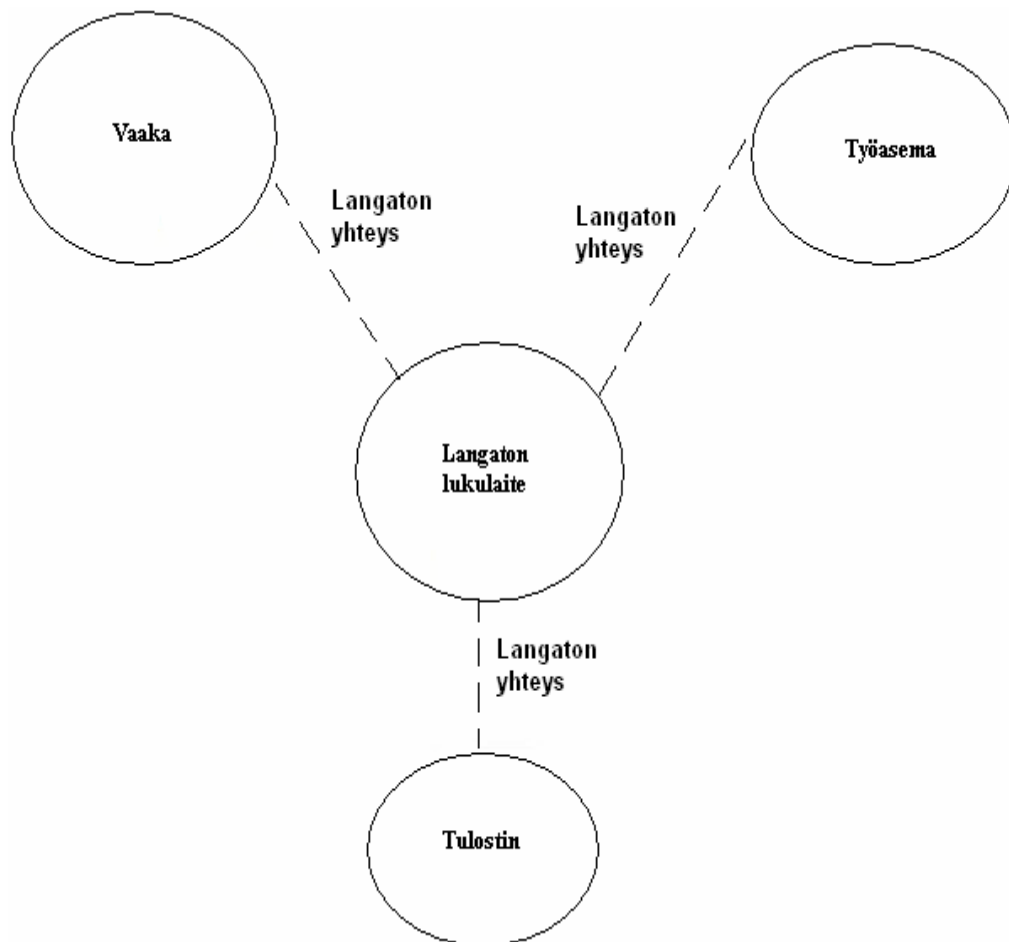
Työn tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa mahdollisimman toimiva ja helppokäyttöinen kokonaisuus ammattikäyttöön asiakkaan toiveet huomioiden. Järjestelmän loppukäyttäjä oli Karelia Siitake Ay, jonka toimialana on luonnonmarjojen ja sienten osto ja myynti. Punnitusjärjestelmää tarvittiin enimmäkseen marjojen ja sienten ostossa. Punnitustuloksia käytettiin ostettujen marjojen tai sienien määrien seurantaan ja poimijoiden palkkioiden laskemiseen. Uutta punnitusjärjestelmää tarvittiin helpottamaan punnitsijan ja kirjanpitäjän työtä. Punnitus ja kirjanpito muodostuivat entisellään suureksi työksi työntekijämäärän noustessa parhaimmillaan yli sadan. Ennen punnitustulos ja kirjanpito kirjattiin paperille.

Aloite järjestelmän kehittämiseksi syntyi Karelia Siitake Ay:n ja Citius-Net Oy:n yhteyshenkilöiden tapaamisessa. Tapaamisessa huomattiin asiakkaan tarve langattomaan järjestelmään, joka helpottaisi myös kirjanpitoa. Aluksi vastaavaa järjestelmää kysyttiin miltei kaikilta ammattikäyttöön suunnattujen vaakojen toimittajilta, mutta sopivaa järjestelmää ei ollut markkinoilla, joten tällainen järjestelmä täytyi kehittää.

Vanhassa järjestelmässä punnitus suoritettiin antamalla jokaiselle työntekijälle oma poimijatunnus. Kun työntekijä keräsi marjoja ja toi marjat punnittavaksi hän antoi pakkauksen punnitsijalle ja ilmoitti oman poimijatunnuksen, jonka punnitsija kirjoitti paperille kirjatessaan samalla punnitustuloksen, taaran ja pakkauksien lukumäärän. Päivän päätteeksi kaikki päivän aikana tapahtuneet punnitustulokset kirjattiin paperilta tietokoneelle.

Uuden punnitusjärjestelmän täytyi helpottaa punnitustapahtumaa ja tuloksien kirjanpitoa, joten tulokset tuli saada muistiin ja siirrettyä myöhemmin toimistossa työasemalle. Järjestelmän tuli olla langaton, mikä helpotti liikkuvuutta. Punnitsijan ei tarvinnut olla vaa'an välittömässä läheisyydessä punnitessaan. Lisäksi halutessa järjestelmällä tuli voida tu-

lostaa kuitteja ja punnitustuloksia. Kuvassa 1 on esitetty hahmotelma järjestelmästä.



Kuva 1. Hahmotelma järjestelmästä

Järjestelmää hahmotellessa muodostui kolme eri pääkehityskohdetta: laitteisto, ohjelmisto ja tiedonsiirto, jotka tuli ratkaista osa kerrallaan huomioiden kuitenkin osien yhteensopivuus.

Tässä raportissa asiat käydään läpi seuraavassa järjestyksessä: tiedonsiirto, laitteisto ja ohjelmisto koska tiedonsiirto-osa koostui vahvasti teoriapainotteisesta tekstistä, jossa käytiin hieman läpi myös yleistä langattomien lähiverkkojen tekniikkaa, se sijoitettiin raportin alkupäähän. Ohjelmointiin tässä raportissa ei syvennytty kovinkaan tarkasti, vaikka itse ohjelmointi vei projektissa suurimman osan ajasta.

2 TIEDONSIIRTO

Langattomasta tiedonsiirrosta puhuttaessa mietittiin kolmea eri tekniikkaa, jotka olivat 802.11b, infrapuna-tekniikka ja Bluetooth. Kaikilla vaihtoehtoilla olisi kyetty tekemään langaton lähiverkko eli WLAN, joka tarvittiin tietojen siirtämiseen eri laitteiden välillä. Normaalin lähiverkon eli LAN:in tapaan WLAN on erittäin hyvä tapa jakaa esimerkiksi tulostimia ja tiedostoja sekä välittää viestejä eri laitteiden välillä. WLAN on yleistyessä kovaa vauhtia ja sekä yritykset että yksityiset ihmisetkin rakentavat langattomia lähiverkkoja päästäkseen johdoista. Suuremman lähiverkon rakennukseen tarvitaan paljon johtoja, joten niiden asentaminen on myös työlästä. WLAN:in avulla näiden johtojen asentamiselta pystytään välttymään. Langattomuudella on kuitenkin myös haittapuolia, kuten esimerkiksi maksimitiedonsiirtonopeus, joka ei vielä punnitusjärjestelmän rakennushetkellä ollut lähellekään langallisten tuotteiden maksimitiedonsiirtonopeuksia. Silti useisiin tarkoituksiin siirtonopeudet ovat riittäviä ja langattomuus kätevää, joten yhä useammat rakentavat LAN:in sijasta WLAN:in.

2.1 WLAN

Tukiasemat pystyvät olemaan liitettynä perinteiseen lähiverkkoon, joka mahdollistaa myös tavallisen verkon käytön WLAN-ympäristössä. Tukiasema vastaanottaa, puskuroi ja lähettää dataa langattoman ja langallisen lähiverkon välillä, mutta myös monipuolisemmat toiminnot ovat mahdollisia. Päästäkseen WLAN-ympäristöön työaseman täytyy olla varustettuna WLAN-sovittimella, joka voi olla kiinteä, tietokoneeseen liitettävä kortti tai valmiiksi emolevyyn integroitu. Kortissa on lähetin ja vastaanotin, jonka avulla yhteys toisesta koneesta tukiaseman kautta toiseen koneeseen voidaan toteuttaa. WLAN-ympäristössä voidaan tiedonsiirrossa käyttää joko radioaalto-tekniikkaa tai infrapunatekniikkaa [1]. Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen WLAN-tukiasema ja WLAN-sovitin.



Kuva 2. WLAN (802.11g) tukiasema [2] ja WLAN-sovitin (802.11b). [3]

2.1.1 Standardit

Langattomien lähiverkkojen standardin julkisti vuonna 1997 IEEE, joka on tietokonealan kansainvälinen kattojärjestö. Langattomien lähiverkkojen standardiksi tuli 802.11, jonka tarjoamat siirtonopeudet ovat 1 Mbit/s ja 2 Mbit/s. Standardi sisälsi verkoille monia vaihtoehtoisia toteutuksia, eikä taannut laitteille keskinäistä yhteensopivuutta, mikä vähensikin niin laitevalmistajien kuin kuluttajien kiinnostusta.[4, s. 10]

Standardiin on tämän jälkeen kehitetty useita erilaisia päivityksiä. Päivitys 802.11a mahdollisti jopa 54 Mbit/s siirtonopeuden, mutta sen ongelmaksi muodostui käytetty taajuusalue, koska se toimi noin viiden gigahertsin taajuusalueella, jonka käytölle on asetettu rajoituksia, sen käyttö jäi vähäiseksi suuresta siirtonopeudesta huolimatta.

802.11b tarjoaa parhaimmillaan 11 Mbit/s siirtonopeuden, ja se on käytössä tällä hetkelläkin. Standardin liikennöinti tapahtuu 2,4000 - 2,4835 GHz:n vapaalla ISM-alueella, jota käyttävät muun muassa Bluetooth-laitteet. Vapaan taajuusalueen vuoksi 802.11b-laitteiden käyttöön ei tarvita radiolupia, joten kuka tahansa pystyy pystyttämään verkon mihin vain. [4, s. 10]

IEEE kehitti 802.11a-standardin korvikkeeksi 802.11g-standardin, joka nosti 2,4 GHz:n taajuusalueella toimivat lähiverkot 54 Mbit/s siirtonopeuksiin. 802.11g on myös yhteensopiva 802.11b-standardin kanssa. Jotkin valmistajat ovat kehittäneet myös omia päivityksiään 802.11g-standardiin, joille kirjoitushetkellä luvattiin jopa 125 Mbit/s siirtonopeuksia, mutta näihin nopeuksiin päästiin vain saman valmistajan laitteiden avulla.

802.11-standardiin on myös kehitetty muitakin päivityksiä mm. tietoturvan ja yhteensopivuuden parantamiseksi. Taulukossa 1 on esitetty WLAN-standardit, ja niiden tuomat parannukset.

Taulukko 1. WLAN-standardit

Standardi:	Tehtävä:	Toimintataajuus:	Nopeus:
802.11	Alkuperäinen WLAN-standardi	2,4 GHz	1 Mbit/s ja 2 Mbit/s
802.11a	Päivitys alkuperäiseen standardiin	5,0 GHz	54 Mbit/s
802.11b	Päivitys alkuperäiseen standardiin	2,4 GHz	11 Mbit/s
802.11d	Päivitys 802.11a:n taajuuskaistojen käyttöön	-	-
802.11e	Parannus WLAN:in multimediapalveluihin	-	-
802.11f	Parannus laitteiden keskinäiseen yhteensopivuuteen	-	-
802.11g	Parannus siirtonopeuteen, toimien 2,4 GHz: taajuudella	2,4 GHz	54 Mbit/s
802.11h	Parannus 802.11a:han, jolla se saatiin toimimaan Euroopassa	-	-

Eurooppalainen telekommunikaatioalan standardointijärjestö ETSI on myös luonut oman langattomien lähiverkkojen standardinsa HIPER-LAN:in, joka ei kuitenkaan ole levinnyt käyttöön sen monista hyvistä ominaisuuksista huolimatta.

2.1.2 Topologiat

802.11 suosituksen mukainen WLAN sallii kolme eri kytkentätapaa, mutta perusarkkitehtuuria kutsutaan nimellä BSS (Basic Service Set).

Se muodostuu laitejoukosta, jotka kykenevät kommunikoimaan toistensa kanssa suosituksen mukaisesti. BSS muodostuu kiinteästä tukiasemasta (AP, Access Point) ja siihen liitetyistä työasemista. BSS:ssä viestit kulkevat laitteiden välillä tukiaseman kautta, ja topologia muistuttaa kytkemiin perustuvia kiinteitä lähiverkkoja. [5, s. 231]

Jos laitteiden muodostamaa verkkoa ei ole kytketty kiinteään verkkoon, verkosta käytettäisiin nimeä IBSS (Independent Basic Service Set). IBSS-verkko on yleensä tilapäinen ratkaisu, jossa verkko muodostetaan johonkin tiettyyn tarpeeseen, ja se purkautuu tarpeen päätyttyä. Tyypillisiä tilanteita tällaisiin ovat neuvottelutilanteet, joiden aikana langattomat viestimet muodostavat langattoman verkon keskustelua varten neuvottelun ajan. Tämän takia IBSS-verkosta käytetään myös nimitystä Ad-Hoc-Network. IBSS-verkossa kaikki osapuolet kykenevät keskustelemaan suoraan toistensa kanssa.

[5, s. 231]

BSS-verkkoa kyetään laajentamaan siten, että käytetään useampia tukiasemia, jotka kytketään samaan runkoverkkoon (Backbone Network). Tästä ratkaisusta käytetään nimitystä ESS (Extended Service Set). Sen runkoverkosta käytetään nimitystä DS (Distribution System). ESS on myös yleisin tapa muodostaa langattomia lähiverkkoja, jolloin kattavuus ei rajoitu yhteen kerrokseen tai muutamaan huoneeseen, vaan ratkaisulla voidaan kiertää pienestä kantamasta syntyneet ongelmat.

[5, s. 231]

2.1.3 Tekniikat

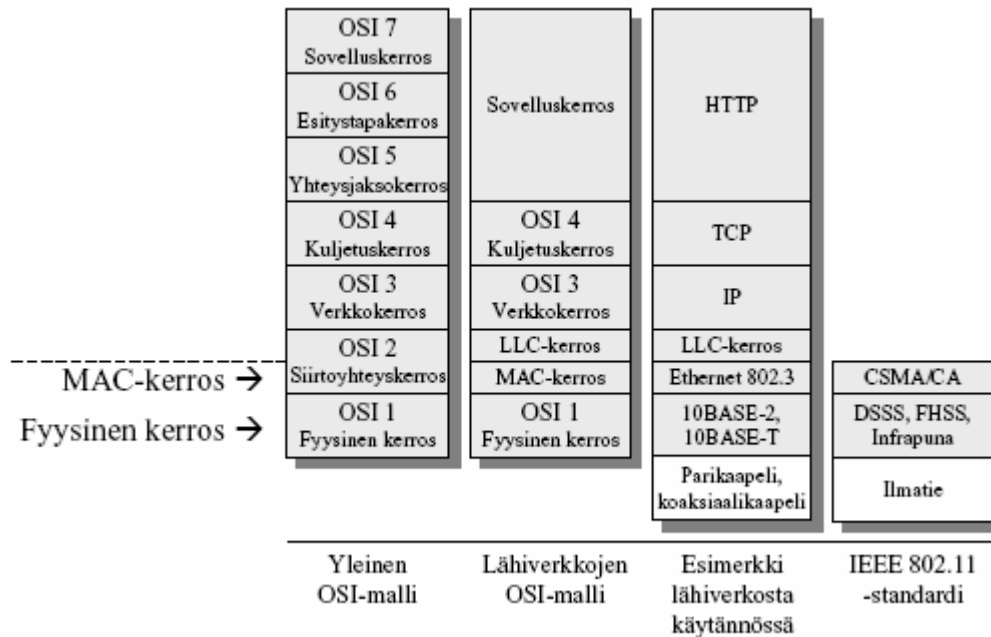
Langattoman lähiverkon tekniikat jakautuvat kahteen ryhmään: radiotiellä käyttävät ja infrapunaa eli valoa käyttävät. Radiotiellä tiedonsiirron on ISM-sääntöjen (Industrial Scientific Medical) mukaan perustuttava haspektritekniikkaan, joista 802.11 käyttää sekä suorasekvenssihajaspektriä DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) että taajuushyppe-

lyä FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Hajaspektritekniikan käyttö tarkoittaa sitä, että jokainen käyttäjä levittää lähetteensä koko taajuusalueelle, jolloin kukaan ei pysty varaamaan yhtä kaistaa. Lähteen levittäminen aiheuttaa myös sen, että kaikki tieto näkyy kuten kohina jollakin valitulla alueella. Käytännön hyödyt tästä ovat, että samalla alueella pystyy toimimaan useita eri sovelluksia ja kukin käyttäytyy, kuten toimisi omalla kapealla radiokaistalla. Taajuushyppely on yleisin tapa liikennöidä ISM-alueella. Tässä tekniikassa taajuutta vaihdetaan hyppyjen avulla. Hyppyjärjestystä koskevat säännöt vaihtelevat maittain, mutta yleensä sovelletaan sääntöä, jonka mukaan hypyt kanavalta toiselle tapahtuvat vähintään 400 millisekunnin välein ja hypyn on tapahduttava vähintään 6 MHz päähän edellisestä kanavasta. [5, s. 234]

Kolmas vaihtoehto on käyttää infrapunasiirtoa, jolloin lähettimen ja vastaanottimen välillä täytyy olla näköyhteys. Infrapuna-alueella toimivat laitteet eivät yleensä kykene muodostamaan varsinaista verkkoa, vaan laitteiden välille muodostetaan kaksipisteyhteys (Point-to-Point), joskin diffuusiolinkeillä on mahdollisuus muodostaa parinkymmenen metrin kokoisia infrapunasoluja. [5, s. 234]

MAC-kerros:

Langattoman lähiverkon standardi 802.11 laajensi OSI-mallia kuvaamalla uudet protokollat, sekä MAC-kerrokselle (Medium Access Control Layer), että fyysiselle kerrokselle. Kuvassa 3 on esitetty vertailu OSI-malleista.



Kuva 3. Vertailu OSI-malleista. [6, s. 39]

MAC-kerros on osa OSI-mallin siirtoyhteyskerrosta, joka kommunikoi fyysisen kerroksen protokollien kanssa. MAC-kerroksen tarkoituksena on hoitaa tehtäviä, jotka ovat radioyhteyden tyypistä riippumattomia. Sen pääasiallisina tehtävinä on langattomien siirtomedioiden hyödyntäminen, laitteiden liikkuvuuden (Roaming) mahdollistaminen, ja kahden virransäästöohjelman toteuttaminen. [6, s. 57]

DSSS:

Fyysinen kerros sijaitsee alimpana OSI-arkkitehtuurissa ja IEEE 802.11-suosituksessa sen tehtävänä on yhdistää MAC-kerros radiotiel- le. Fyysinen kerros huolehtii sanomien välityksestä MAC-kerroksen ja fyysisen siirtotie välillä, levittää ja moduloi tiedon valitun siirtoteknologi- an mukaisesti ja välittää kuulostelua (Carrier Sense) koskevat tiedot MAC-kerrokselle. Fyysinen kerros jakautuu kahteen alikerrokseen (Sub- layer). Ylempänä on PLCP-kerros (Physical Layer Convergence Procedure) ja alempana PMD-kerros (Physical Medium Dependent). IEEE 802.11-verkossa lähetetty DSSS-kehys muodostuu PLCP-

alkutahdistuksesta, PLCP-otsikosta, MAC-kehyksestä tai (MPDU, MAC Protocol Data Unit). [5, s. 234] Kuvassa 4 on esitetty DSSS-kehysten rakenne.



Kuva 4. DSSS-kehysten rakenne

DSSS-kehysten rakenne:

- Sync on 128-bittinen etuliite, jonka tehtävänä on synkronoitua vastaan tulevaan bittivirtaan.
- SFD (Start of Frame Delimites) ilmoittaa sanoman alkamisesta.
- Signaali kertoo, mikä modulointimenetelmä on käytössä. Esimerkiksi 0x0A kertoo, että kyseessä on 1 Mbit/s DBPSK-modulointi (Differential Binary Phase Shift Keying).
- Palvelu on varattu tulevaisuutta varten, ja se saa tässä vakioarvon 0x00.
- Pituus kertoo, kuinka kauan datasanoman siirto kestää laskettuna mikrosekunneissa.
- CRC-kenttä sisältää otsikosta lähtien lasketun jakojäännöstarkisteen
- MAC PDU:ssa siirtyy MAC-kerroksen kehys

FHSS:

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) eli taajuushyppelyhajaspektritekniikka hyödyntää taajuushyppelyä eli se käyttää lähetyksissä yhtä taajuutta kerrallaan ja hyppii edestakaisin kaikkien taajuuksien välillä. Euroopassa tämä järjestelmä käyttää 79 kanavaa, jotka ovat 1

MHz:n etäisyyksillä toisistaan. FHSS on yksinkertaisempi ja edullisempi toteuttaa ja sillä on parempi häiriönsietokyky, mutta vastapainoksi pienempi siirtonopeus kuin DSSS:llä. FHSS:n siirtonopeus pystyy maksimissaan 2 Mbit/s siirtonopeuteen. [6, s. 50] FHSS tekee 1600 hyppyä sekunnissa, josta saadaan laskettua aikavälin kesto.

Taajuudella 1600 Hz, saatiin tulokseksi 625 μ s, joka oli aikavälin kesto. Tämän aikaa taajuus pysyy vakiona.

2.2 IrDA

Vuonna 1993 joukko elektroniikkayhtiöitä perusti IrDA-nimisen yhteisön, jolla oli tavoitteena kehittää suositus lyhyen kantaman tiedonsiirtoon. Tuloksena oli samanniminen infrapunatiedonsiirtoon perustuva tiedonsiirtosuositus, joka oli erittäin edullinen laitevalmistajien kannalta, joten se löytyy useista eri langattomista laitteista kuten esimerkiksi matkapuhelimista ja PDA-laitteista.

Infrapunateknologia käyttää seinistä, huonekaluista tms. heijastunutta valoa tai suunnattua valoa, jos lähettimen ja vastaanottimen välillä on suora näköyhteys (Line-of-Sight, LOS). Lähettimet ovat yksinkertaisia valoa säteileviä diodeja tai laserdiodeja, kun taas fotodiodit toimivat vastaanottimina. [7, s. 162]

Tämän teollisuusstandardin 1.0-version tiedonsiirtonopeus on 115 kbit/s, kun taas IrDA:n 1.1 versio määritteli suurempia tiedonsiirtonopeuksia: 1,152 Mbit/s ja 4 Mbit/s. Infrapunateknologia ei tarvitse lisenssejä ja suojaus on yksinkertaista. Lisäksi sähköiset laitteet eivät häiriinny infrapunälähettyksistä. [7, s. 162]

Huonoina puolina muihin LAN-teknologioihin verrattuna on kapea kaistaleveys. IrDA-laitteet ovat yleensä kytketty sisäisesti sarjaporttiin, joka

rajoittaa datasiirron nopeuteen 115 kbit/s. Infrapunavalon huonoin puoli on se, että sen kulkua voidaan melko helposti estää. Infrapunälähetys ei voi tunkeutua seinien tai muiden esteiden läpi, jolloin hyvän lähetyslaadun ja suuren tiedonsiirtonopeuden vuoksi tarvitaan tavallisesti suora näköyhteys. [7, s. 162]

Kehitettävässä järjestelmässä tiedonsiirtonopeus ei ollut ratkaiseva tekijä, koska punnitustulosten siirtoon ei tarvittu suuria siirtonopeuksia, mutta IrDA ei ollut kuitenkaan paras tiedonsiirtomuoto järjestelmään, koska IrDA on herkkä esteille, ja aina laitteiden välillä ei ole näköyhteyttä.

2.3 Bluetooth

2.3.1 Yleistä

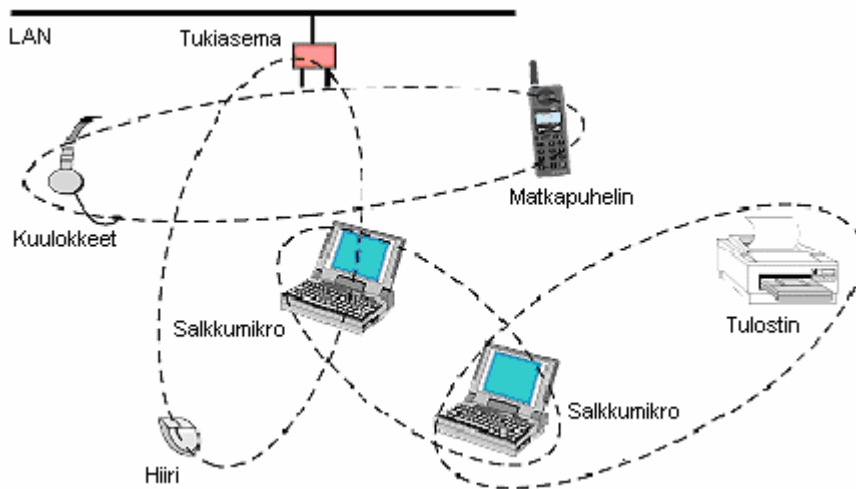
Vuonna 1998 Ericsson, IBM, Intel ja Nokia perustivat ryhmän nimeltä Bluetooth SIG (Special Interest Group), jonka tarkoituksena oli luoda avoin spesifikaatio lyhyen kantaman radiotekniikalle. Tekniikalle annettiin nimi Bluetooth vuosien 900 - 987 välisenä aikana eläneen viikingin ja tanskalaisen kuninkaan Harald Blåtandin mukaan. Bluetoothin tarkoituksena oli luoda kaapelit korvaava radiolinkki.

Bluetooth-tekniikka eroaa IrDA:sta seuraavasti: Bluetoothin tiedonsiirto on IrDA:aa selvästi hitaampaa, mutta kun IrDA-yhteys vaatii näköyhteyden, Bluetooth radioyhteys kykenee läpäisemään jopa ohuita seiniä. Lisäksi IrDassa yhteys on yleensä vain Point-to-Point, kun Bluetooth-tekniikassa tietoa voidaan lähettää myös usealle laitteelle yhtä aikaa. Bluetooth-piirin tavoitekooksi on mainittu 2x9x9mm. Se voidaan integroida mikropiirille, asentaa piirinä tietokoneen väylälle tai lisäkorttina. [8]

Point-to-Point-yhteydellä tarkoitetaan kahden laitteen välistä yhteyttä toisiinsa. Kun yksi laite yhdistyy useampaan laitteeseen yhtäaikaaisesti, tällaista yhteyttä kutsutaan nimityksellä Point-to-Multipoint-yhteys.

2.3.2 Verkon topologia

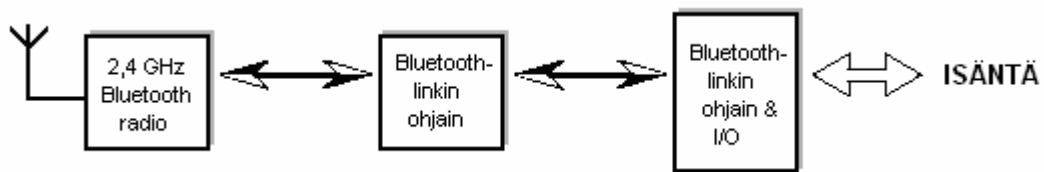
Bluetooth-laitteet muodostavat ns. Piconet-verkkoja, joissa pystyy olemaan kerrallaan maksimissaan kahdeksan laitetta. Yksi laitteista toimii isäntänä ja muut renkeinä. Isäntälaitte toimii verkoissa eräänlaisena tukiasemana, johon renkilaitteet yhdistyvät. Toisistaan riippumattomat Piconet-verkot kykenevät luomaan hajaverkon tai hajaverkkoja, joita kutsutaan Scatterneteiksi.[8] Kuvassa 5 on havainnollistettu kuinka Piconet-verkot muodostavat hajaverkon eli Scatternetin.



Kuva 5. Neljän pikoverkon muodostama hajaverkko (Scatternet). [9]

2.3.3 Toiminta

Bluetooth-standardi määrittää kaksi liikennöintikerrosta eli se käsittää fyysisen kerroksen (radioliikenne) ja sen päällä olevan linkkikerroksen, joka määrää mm. milloin bittejä siirretään ja miten varmistetaan, että bitit ovat siirtyneet virheettää perille. Bluetooth-järjestelmä koostuu kuvan 6 mukaisesti radio-osasta, radiolinkinhallinnasta ja yhteydenhallinnasta. [8]



Kuva 6. Bluetooth-järjestelmän osat. [9]

2.3.4 Bluetoothin liikennöinti

Bluetooth käyttää liikennöintiin radiotaajuutta 2,45 GHz ISM (Industrial Scientific Medical), kuten mm. 802.11b. Bluetoothin radiolähettimet jaetaan kolmeen eri luokkaan tehonsa perusteella. Taulukossa 2 on esitetty Bluetooth-radiolähettimien luokat.

Taulukko 2. Bluetooth-radiolähettimien luokat.

Luokka:	Lähetysteho:	Kantama:
1	100,0 mW	100,0 m
2	2,5 mW	10,0 m
3	1,0 mW	0,1 m

Bluetooth-radiomoduuli käyttää liikennöidessään GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)-modulointia. Siinä binäärinen ykkönen esitetään positiivisena, ja nolla negatiivisena taajuuspoikkeamana. Standardin määrittämällä tekniikalla Bluetooth-solmut kykenevät lähettämään tietoa 1 Mbit/s siirtonopeudella. Käytännössä tämä on yhden Piconetin laittei-

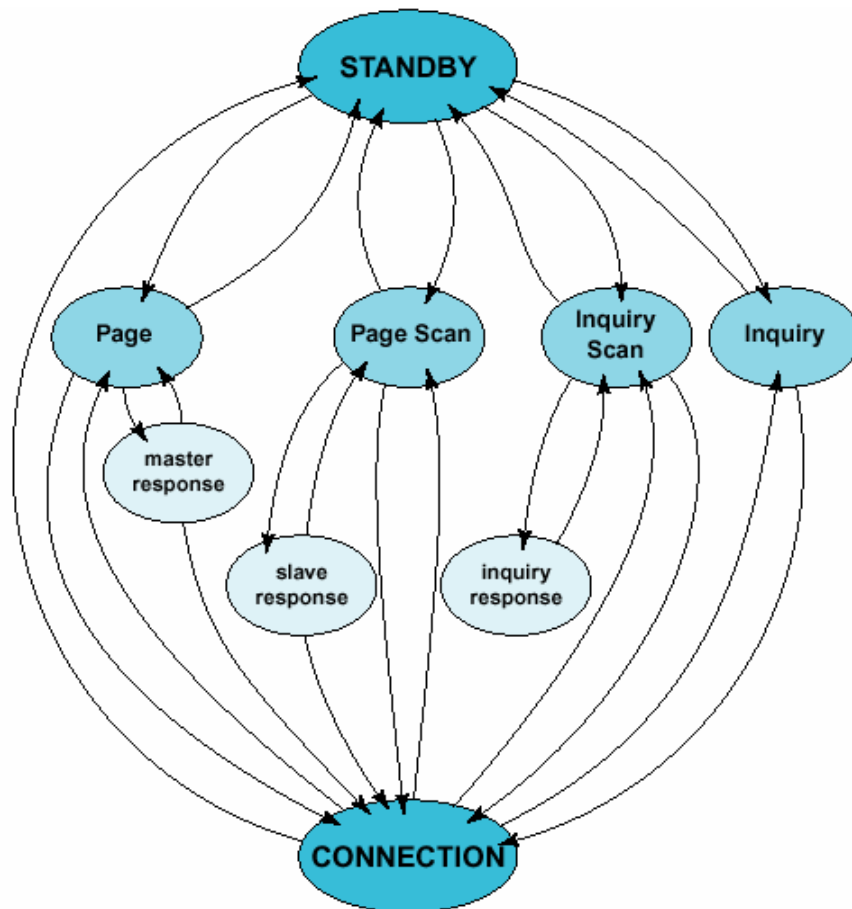
den jakaman datakanavan kapasiteetti. Otsaketiedot ja kättely vievät 20 % datakanavan siirtotehosta. Yhteyden yli voidaan välittää yhtä asynkronista datakanavaa tai kolmea synkronista puhekanavaa. Suurin asynkronisesti siirretyn datan lähetysnopeus on 721 kilobittiä sekunnissa. Paluukanavan nopeus on 57,6 kilobittiä sekunnissa. Kukin puhekanava varaa 64 kilobittiä sekunnissa olevan synkronisen kaistan. Vaihtoehtoisesti symmetrisessä lähetyksessä tuleva ja lähtevä data voidaan siirtää molempiin suuntiin yhtä aikaa nopeudella 432,6 kbit/s. [8]

Siirtokanava on jaettu yhden megahertsin alikaistoihin eli hyppykanaviin. USA:ssa ja Euroopassa käytetty taajuusalue on välillä 2400,0 - 2483,5 MHz ja käytössä on 79 alikaistaa (siirtokanavan leveys oli 80 megahertsiä tai enemmän). Käytännössä käytetty taajuusalue on 2402,0 MHz - 2480,0 MHz. Sen sijaan esimerkiksi Japanissa (ja lisäksi Ranskassa ja Espanjassa) taajuusalue on välillä 2472,0 - 2497,0 MHz ja käytössä on vain 23 alikaistaa.

Bluetooth hyödyntää langattoman paikallisverkon standardia IEEE 802.11 tiedonsiirrossa. Tätä voidaan käyttää hyväksi, kun liitetään langattomia laitteita lähiverkkoon. Eli Bluetooth-laitteita on helppo integroida TCP/IP-verkkoon. Bluetooth käyttää protokollaa, joka on yhdistelmä piiri- ja pakettikytkentää. Tiedonsiirrossa käytetään limitettyä taajuuden vaihtelutekniikkaa FHSS:ää. Yhden paketin siirtoon kuluu 625 mikrosekuntia, jonka jälkeen vaihdetaan taajuutta. Taajuutta vaihdetaan 1600 kertaa sekunnissa. Laaja taajuuskaista varmistaa tiedonsiirron mahdollisista häiriöistä huolimatta. Jos yksi paketti ei mene läpi, vaihdettiin taajuutta ja yritettiin toisella taajuudella, jolloin suurella todennäköisyydellä paketti saadaan perille. Lähetettävässä paketissa on osa edellistä ja osa seuraavaa pakettia (limitys). [8]

2.3.5 Piconet-radiolinkinhallinta

Piconet-verkossa pystyy olemaan maksimissaan 8 laitetta, joista yksi (ensimmäiseksi liikennöinyt) toimii isäntänä (Master). Roolijakoa isännän ja orjalaitteiden välillä voidaan muuttaa myöhemmin. Laitteet tunnistavat toisensa MAC-osoitteiden perusteella (Parker Unitiksi kutsutaan laitetta, jolla ei ole laiteosoitetta). Kuvassa 7 on esitetty Bluetooth-laitteiden välistä kommunikointia.



Kuva 7. Bluetooth-laitteiden välinen transiitio.[10]

Ennen ensimmäistä yhteydenottoa laitteet ovat valmiustilassa (Standby) ja kuuntelevat verkkoa 1,28 sekunnin välein. Joka kerta kun laite herää, se tekee kiertokyselyn 32 taajuutta hyppien ko. laitteelle määrätyillä hyppytaajuuksilla.

Yhteys syntyy, kun isäntä lähettää hakuviestin (PAGE) haluamalleen laitteelle. Hakuviestiä varten isäntä tarvitsee kohdelaitteen MAC-osoitetta. Jos tätä ei ole tiedossa, isäntä lähettää ensin kyselyviestin (INQUIRY). Isäntä lähettää hakuviestin siten, että ensin lähetetään sanoma ensimmäiselle 16 hyppytaajuudelle. Jos vastausta ei saada, lähettää tämä toiset 16 sanomaa jäljellä oleville 16 hyppytaajuudelle. Sitä maksimiaika, jolla isäntälaitte löytää orjalaitteen, on 2,56 sekuntia. Keskimääräinen viive on 0,64 sekuntia. Laitte voi kuulua useampaan Piconettiin. Solmujen välinen liikenne pystyy olemaan synkronista ja asynkronista. Synkronista yhteyttä käytetään lähinnä äänen siirtoon. Asynkronista yhteyttä käytetään muun datan siirtoon. Synkroninen yhteys on symmetrinen. Yhteyden muodostuttua sekä isäntä että orja kykenevät lähettämään paketteja ilman lähetyksen avausta. Asynkroninen yhteys sen sijaan pystyy olemaan sekä symmetrinen että epäsymmetrinen. Isäntä määrää kunkin orjalaitteen käyttämien yhteyksien kaistanleveydet. Isäntä myös aloittaa asynkroniset datalähetykset. Haluttaessa asynkroninen Broadcast-viesti voidaan lähettää kaikille Piconetin Slave-laitteille.

Bluetoothissa on kolme virransäästötilaa: HOLD, SNIFF ja PARK. HOLD-tilassa ainoastaan laitteen sisäinen kello käy. Laitteen vapautuessa HOLD-tilasta se aloittaa liikennöintinsä heti. SNIFF-tilassa laite kuuntelee Piconetin liikennettä harvennetulla tiheydellä. PARK-tilassa kone on synkronoituneena Piconettiin, mutta sillä ei ole MAC-osoitetta eikä se osallistu liikennöintiin. PARK-tilan laitteet kykenevät kuitenkin vastaanottamaan esimerkiksi Broadcast-viestejä. Yhteydet Bluetooth-solmujen välillä pystyvät olemaan Point-to-Point ja Point-to-Multipoint-tyyppisiä.

Useat Piconetit voidaan liittää yhteen. Silloin kukin Piconet käyttää eri hyppytaajuutta. Bluetooth-protokollan äänikanavissa käytetään CVSD (Continuous Variable Slope Delta Modulation)-koodausta. CVSD-koodauksessa paketteja ei uudelleenlähetetä virheiden sattuessa. Koo-

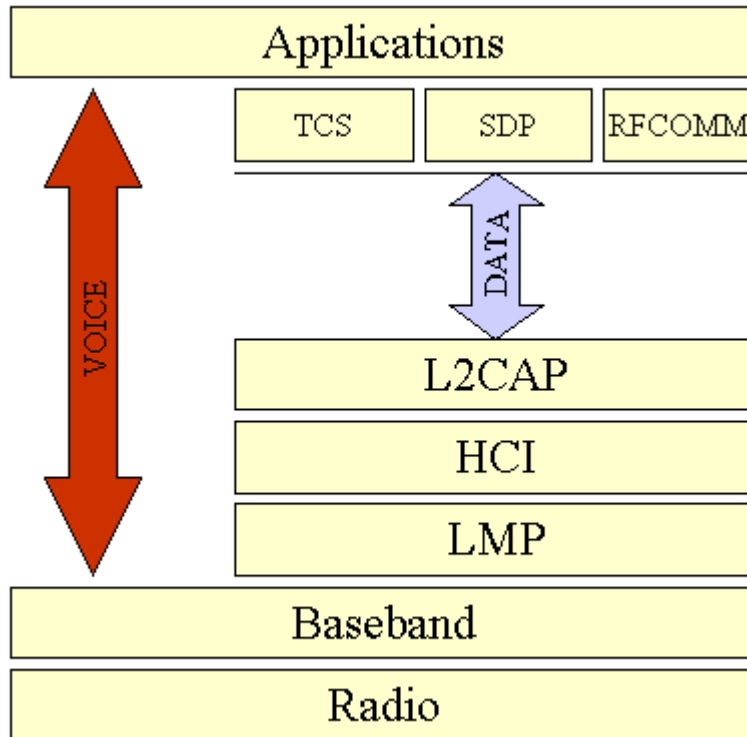
daus kestää pahojakin häiriöitä. Bittivirheiden ollessa 4 % datasta ääni on yhä ymmärrettävää. [8]

2.3.6 Yhteyden hallinta

Yhteydenhallinta huolehtii datan lähetyksestä ja vastaanotosta sekä yhteyden muodostamisista ja autentikaatiosta laitteiden välillä. Yhteydenhallinnassa eri Bluetooth-laitteiden välillä käytettiin LMP-protokollaa. Sitä käytetään yhteydenhallintaan, yhteyksien muodostamiseen ja turvaominaisuuksien toteuttamiseen. Tietoturva on protokollassa huomioitu. Koska Bluetoothin käyttämä liikennöintitapa tarkoittaa yhteyden kuuluvuutta kaikkialla sen kuuluvuusalueella, liikenteen kuuntelu on mahdollista. Bluetooth-protokolla mahdollistaa kuitenkin yhteyden autentikoinnin (salasanalla tai PIN-koodilla) ja haluttaessa myös salauksen. Autentikointi voidaan suorittaa siten, että kukin laite tarkistaa toisen laitteen luvan yhteydenottoon. [8]

2.3.7 Protokollat

Bluetooth käyttää olemassa olevia protokollia aina kun mahdollista, mutta joitain se myös määrittelee. Näitä ovat L2CAP (Link Layer Control and Adaptation Protocol), SDP (Service Discovery Protocol), TCS (Telephony Control Protocol) ja RFCOMM. [11] Kuvassa 8 on esitetty Bluetoothin protokollapino.



Kuva 8. Bluetoothin protokollapino. [11]

L2CAP (Link Layer Control and Adaptation Protocol) on Bluetooth-järjestelmän tarjoaman laitteistoriippumattoman rajapinnan päällä toimiva protokolla, joka mahdollistaa useamman ylemmän tason protokollan käytön samassa järjestelmässä. L2CAP huolehtii esimerkiksi pakettien pilkkomisesta ja uudelleen kokoamisesta. L2CAP protokollassa liikennöinti tapahtuu käyttäen kanavia, jotka voivat olla yhteydellisiä, yhteydettömiä tai merkinantokanavia. Kanavien molemmilla päillä on CID-tunnus (Channel Identifier), joilla ne tunnistetaan. [8]

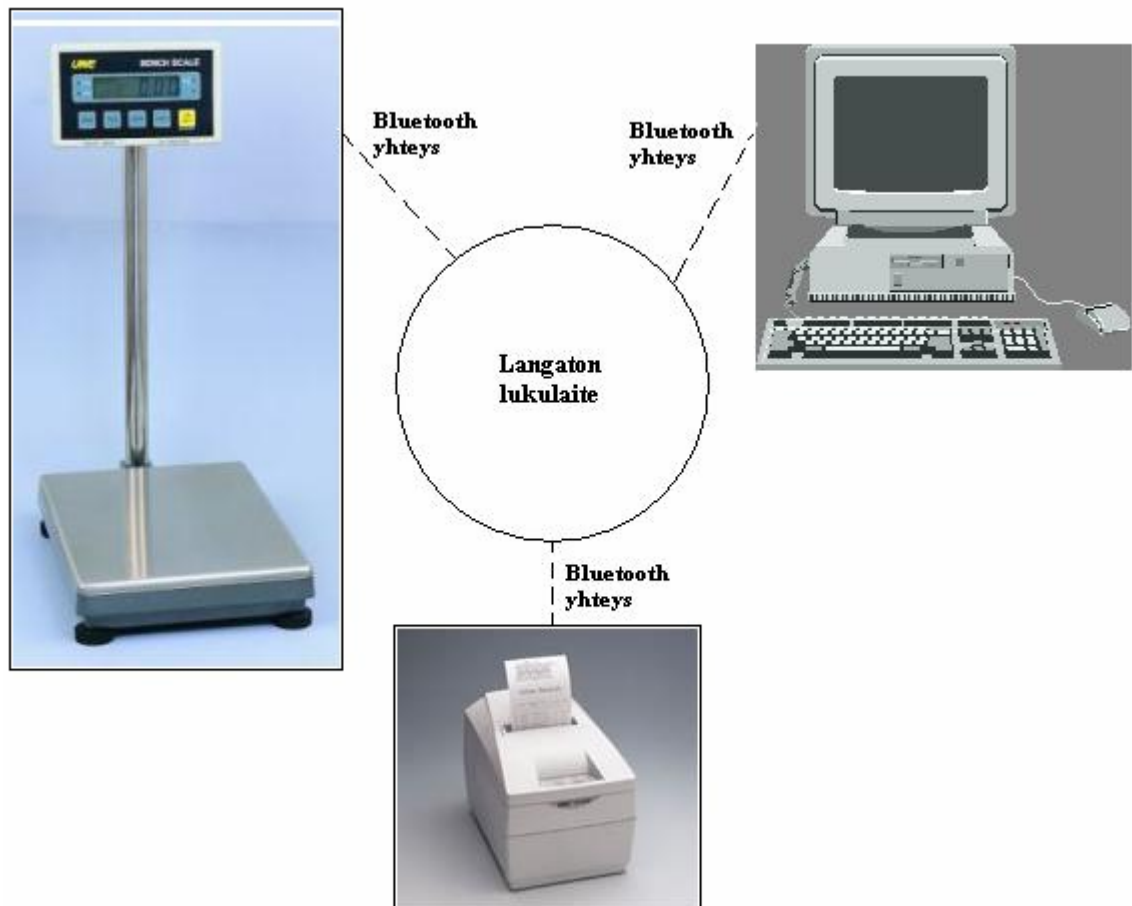
SDP-protokollalla (Service Discovery Protocol) haetaan haluttua palvelua laitteelta, joka tarjoaa SDP-palvelua. Palveluita voidaan hakea suoraan tai voidaan etsiä palvelua, joka toteuttaa halutut ominaisuudet tai joka kuuluu haluttuun luokkaan. Palvelun ominaisuuksia voidaan myös tiedustella. Esimerkiksi voidaan tiedustella palvelun käyttämää protokollaa.[8]

TCS-protokollaa (Telephony Control Protocol) käyttäen voidaan välittää ääni- ja datapuheluita Bluetooth-laitteiden välillä. [8]

RFCOMM on protokolla, joka tarjoaa RS232- eli tavallisen sarjaporttiemuloinnin L2CAP-protokollayhteyden yli. Tämä perustuu ETSI TS 07.10-standardiin. RFCOMM-protokollalla voidaan ottaa Point-to-Point ja Point-to-Multipoint yhteyksiä. [8] Yhteyden hallintajärjestelmä HCI (Host Controller Interface) tarjoaa laiteriippumattoman rajapinnan ylemmän tason protokollille.

3 LAITTEISTO

Laitteiston pohjana oli vaaka, jonka ympärille muut toiminnot rakennettiin. Lisäksi tarvittiin myös tulostin, jolla saatiin tulostettua kuitit ja muut tarvittavat tulostukset. Laitteistoon tarvittiin myös lukulaite, jolla punnitustulokset saatiin luettua vaa'alta, lisättyä tarvittavat tiedot, ja tallennettua lopputulokset, jotka voitiin myöhemmin siirtää työasemalle. Lisäksi pohjatiedot tuli kyetä siirtämään lukulaitteeseen työasemalta päivän aluksi. Lopuksi laitteistoon kuului myös työasema, joka oli ennestään olemassa, ja saatiin pienillä muutoksilla toimimaan osana punnitusjärjestelmää. Kuvassa 9 on esitetty hahmotelma laitteiston kokoonpanosta.



Kuva 9. Hahmotelma punnitusjärjestelmän laitteistosta

3.1 Vaaka

Vaaka joutui käytössä kosteisiin olosuhteisiin, joten vaakalaitteiston tuli olla roiskeen kestävä. Monet ammattikäyttöön myytävät vaa'at olivat varustettu RS232-sarjaporttiliitännällä, joka mahdollisti vaa'an kytkennän esimerkiksi pöytätietokoneeseen. Sarjaporttiliitäntä oli tärkeä punnitusjärjestelmän rakentamisen kannalta. Lisäksi vaa'an punnitusalueen täytyi soveltua marjojen ja sienien punnitukseen. Nämä seikat huomioiden kysyttiin tarjouksia useilta eri ammattikäyttöön vaakoja toimittavilta liikkeiltä. Paras tarjous saatiin Vaakatalo Alinasta, jonka tarjoama vaakamalli UWE ABM-150 voitti tarjouskilpailun. Tämä malli sopi ominaisuuksiltaan parhaiten punnitusjärjestelmään ja oli myös sopivassa hintaluokassa.

Vaa'an kantavuus oli 150 kg, joka riitti suurempienkin marja- tai sienimäärien punnitukseen. Vaa'an epätarkkuus oli 50 grammaa, ja se oli vakautettu.

Vaa'an sarjaporttiin kytkettiin RS232-Bluetooth-Converter, eli Bluetooth-adapteri, joka muunsi RS232-liittimestä tulevan tiedon sopivaan muotoon ja lähetti tiedot Bluetoothilla eteenpäin.

3.2 Matkapuhelin

Langatonta lukulaitetta valitessa oli kaksi vartenotettavaa vaihtoehtoa. Valinta täytyi tehdä PDA-laitteen (eli kämmenmikron) ja matkapuhelimen välillä, koska lukulaitteen täytyi olla langaton ja kooltaan käyttöön soveltuva. Molempia laitteita testattiin, ja päätös ratkesi pohdinnan jälkeen matkapuhelimen puolelle, koska PDA-laitteet olivat hieman arempia kosteille olosuhteille ja lialle. Samoin testissä olleen PDA-laitteen käyttöaika ja -ominaisuudet eivät olleet käyttötarkoitukseen soveltuvia. Lisäksi PDA-laitteet eivät juuri kestäneet pakkasta.

Tarjolla oli lukuisa määrä eri matkapuhelinmalleja, joista Bluetoothilla varustettuja puhelinmallejakin oli yli kymmenen. Useissa puhelinmal-leissa oli myös infrapuna-ominaisuus. Lopullinen päätös täytyi tehdä käyttöjärjestelmän, ominaisuuksien ja hinnan perusteella. Valittu kehi-tysympäristö toimi SymbianOS-käyttöjärjestelmässä Series 60-alustalla, joten valinta tehtiin SymbianOS-käyttöjärjestelmää käyttävien puhelimi-en kesken. Hinta ja ominaisuudet ratkaisivat lopullisen päätöksen. Pää-töstä tehdessä Nokia oli tuonut markkinoille uuden version pelipuheli-mestaan N-Gage:sta jolloin vanhan mallin hinnat tippuvat kolmasosaan alkuperäisestä, joten puhelimen hinta oli erittäin kilpailukykyinen.

Myös puhelimen ominaisuudet sopivat erittäin hyvin käyttötarkoituk-seen, joten päätös puhelinmallista syntyi Nokian N-Gage-pelipuhelimen hyväksi. Puhelin oli varustettu 32 megatavun MMC-muistikortilla, johon saatiin tallennettua hyvinkin suuria tietokantoja. Lisäksi erillinen muisti-kortti säilyttäisi tallennetut tiedot jopa itse puhelimen rikkoutuessa. No-kian N-Gage-pelipuhelimessa oli myös suuri näyttö ja pelaamiseen ke-hitetty näppäimistö, jotka soveltuivat erittäin hyvin myös tähän käyttö-tarkoitukseen. Langatonta tiedonsiirtoa varten puhelinmalli oli varustettu Bluetooth-tiedonsiirrolla.

3.3 Tulostin

Tulostimeksi valittiin STAR SP2520MC, joka oli tarpeeseen sopiva sar-japortilla varustettu kuittitulostin. Tulostimessa oli lisävarusteena var-mennusnauha, eli tulostin kirjoitti kahdelle eri nauhalle, ja keräsi var-mennusnauhan rullalle tulostimen sisään, näin tulostuksista saatiin varmenteet tietojen tuhoutumisen varalle. Toinen kuitti voitaisiin antaa lain mukaan asiakkaalle, toisen jäädessä talteen.

3.4 Työasema

Työasemana toimi normaali pöytämallinen tietokone, jonka USB-porttiin asennettiin Bluetooth-adapteri. Adapterin asentamisen jälkeen asennettiin mukana tullut ajuri. Työasemaan asennettiin lopuksi punnitusohjelmiston työasemaohjelma CitiusScale Desktop, jonka jälkeen työasema oli valmis käyttöön.

3.5 RS232-Bluetooth-Converter

RS232-Bluetooth-Converterina toimi Socket CS0400-479, Cordless Serial Adapter, jossa liittimenä oli 9-nastainen RS232-urosliitin. Se asennettiin vaa'an sarjaporttiin, josta se lähetti vaa'an mittaustulokset matkapuhelimeen Bluetoothin välityksellä. Converterissa oli Bluetooth-laitteiston lisäksi mikrokontrolleri.

Mikrokontrolleri hoitaa sarjaliikenteen keskustelun muiden Bluetooth-laitteiden kanssa. RS232-Bluetooth-Converterin mukana tuli ajuri, jonka avulla Converterin asetuksia voitiin muuttaa. Asetuksilla voitiin esimerkiksi määrittää mihin laitteisiin, tarkemmin sanoen MAC-osoitteisiin, Converter saa yhdistyä. Samoin asetuksista voitiin määritellä yhteyden kättelyt, salaukset sekä liikenteen nopeus. Sallituksi MAC-osoitteeksi annettiin matkapuhelimen MAC-osoite. Kättelyksi määritettiin RTS/CTS-asetus. Salaukseksi valittiin 128-bittinen WEP-salaus, ja liikenteen nopeudeksi 9600 bittiä sekunnissa.

3.6 USB-Bluetooth-adapteri

Toisin kuin RS232-Bluetooth-Convertereita, Bluetooth-adaptereita oli tarjolla paljon, ja osa hyvinkin edulliseen hintaan, joten adapterin valinnassa vaikutti eniten yhteensopivuus laitteiden kanssa. Asiasta hankit-

tiin taustatietoa, ja USB-Bluetooth-adapteriksi valittiin D-Link DBT-120. Adapteri osoittautui hyväksi valinnaksi ja oli myös hinnaltaan edullinen. USB-Bluetooth-adapteri asennettiin työasemaan, jonka lisäksi asennettiin myös mukana tullut laitteen ajuri. Adapterille luvattiin kantomatkaa 10 metriä, mutta kantomatka osoittautui käytännössä avoimessa maastossa 30 metriksi. Bluetooth-yhteys toimi adapterin avulla erittäin hyvin myös seinien läpi. Laitteessa oli sisäänrakennettu 128-bittinen WEP-salaus. Laitteelle luvattu maksimi siirtonopeus oli 721 kbit/s.

3.7 RS232-kaapeli

3.7.1 RS232-kaapelin kytkeminen

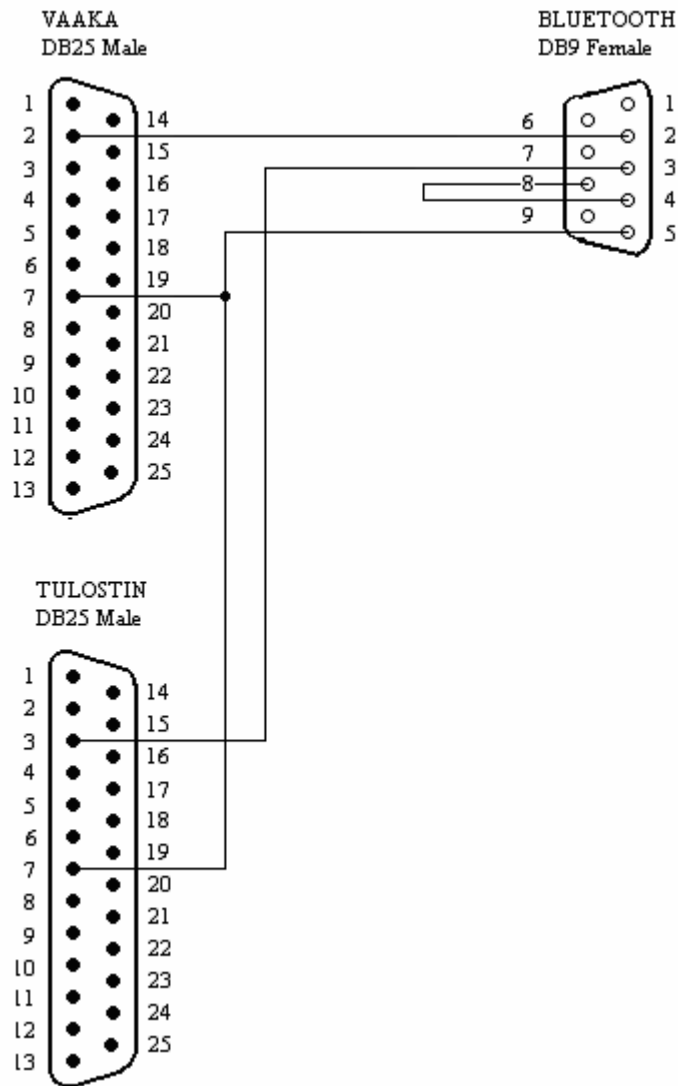
Aluksi suunniteltiin, että tiedonsiirto tapahtuisi matkapuhelimesta kahteen erilliseen RS232-Bluetooth-Convertteriin, jotka olisi kytketty vaakaan ja tulostimeen. Nokia N-Gage:n ajateltiin pystyvän olemaan yhteydessä kahteen eri Bluetooth-laitteeseen yhtä aikaa, koska normaali Bluetooth-adapteri kykenee jopa seitsemään yhtäaikaiseen yhteyteen. Kun Bluetooth-yhteyksiä testattiin, huomattiin, että kahden yhdenaikaisen yhteyden luominen ei onnistunut. Syytä selvitettiin ja pidemmän ajan tutkimuksen tuloksena selvisi, että SymbianOS-käyttöjärjestelmä sallii puhelimelle ainoastaan yhden Bluetooth-yhteyden kerrallaan, vaikka laitteisto olisi toiminut useamman yhteyden kanssa. Asia kävi ilmi Nokian sovelluskehittäjille suuntaamasta dokumentista [12], joka oli saatavana internetistä.

Tämän jälkeen oli mietittävä kuinka saataisiin toimimaan tulostukset mittausten välillä. Yksi tapa oli katkaista yhteys vaakaan ja tulostaa, jonka jälkeen yhdistettäisiin takaisin vaakaan. Tämä tapa osoittautui testissä aivan liian hitaaksi, koska yhteyksien luomiseen ja katkaisuun meni paljon aikaa. Tällä tavoin välitulostuksen tekemiseen olisi mennyt

aikaa noin 40 - 50 sekuntia, mikä oli aivan liikaa. Tämän jälkeen huomattiin, että vaaka ainoastaan lähetti tietoa, joten tiedon paluulle varattu linja oli käyttämättä.

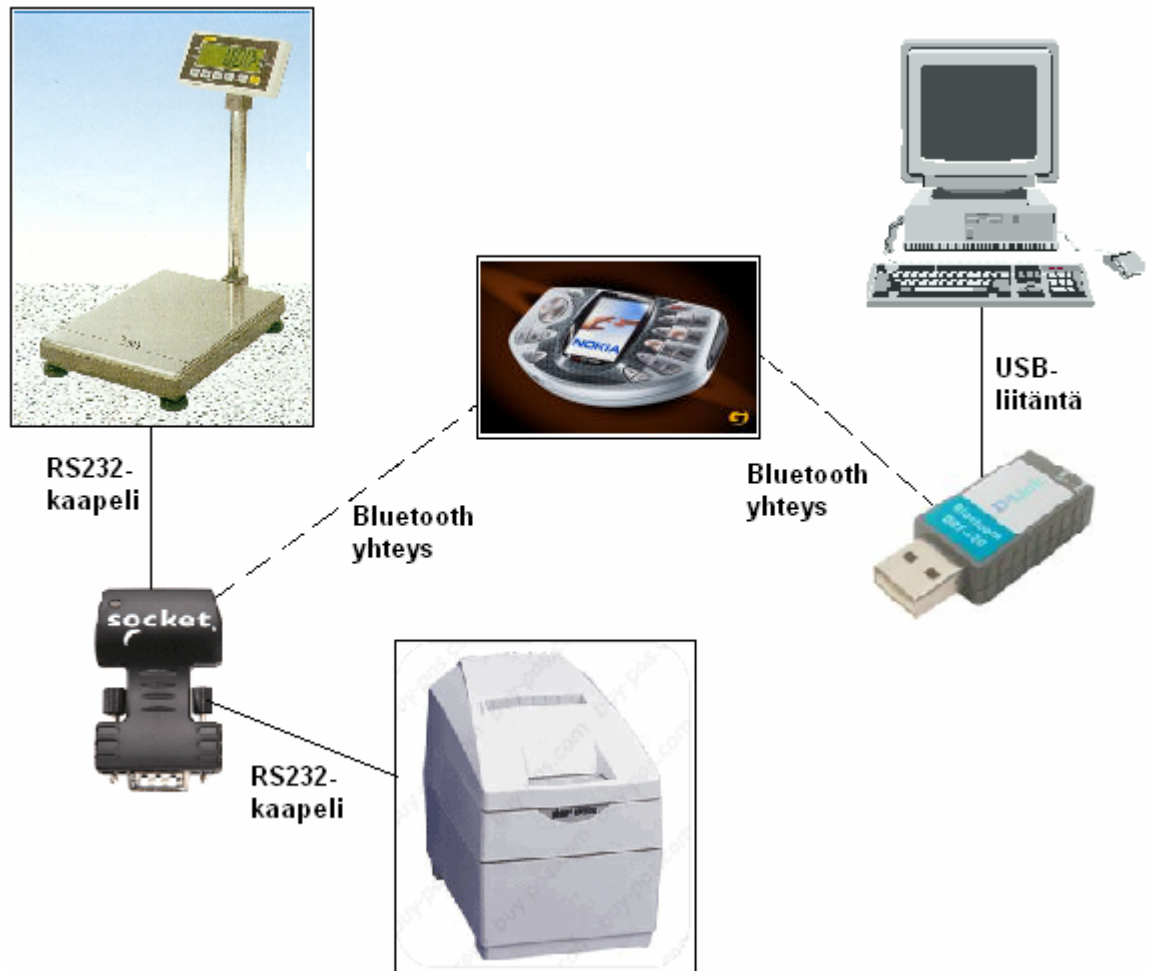
Tulostin tarvitsi ainoastaan paluulinjaa, joten täytyi rakentaa RS232-kaapeli tarkoitusta varten. RS232-Bluetooth-adapteri ohjattiin luulemaan, että se kykeni kokoajan vastaanottamaan tietoa, kun Bluetooth-yhteys oli päällä. Tämä tehtiin kytkemällä RS232-Bluetooth-adapterin nastat 4 ja 8 yhteen toisiinsa.

RS232-Bluetooth-adapteri ilmaisi olevansa valmis vastaanottamaan tietoa nostamalla nastan 4 (DTR) 1-tilaan, kun Bluetooth-yhteys muodostettiin. Kun Bluetooth-yhteys katkesi, nasta 4 meni 0-tilaan, jolla RS232-Bluetooth-adapteri ilmoitti sen, että se ei kykene ottamaan tietoa vastaan. Nastalla 8 (CTS) RS232-Bluetooth-adapteri tarkisti kykenikö se lähettämään saamansa tiedot sarjaportin välityksellä eteenpäin. Jos nasta 8 oli 1-tilassa silloin adapteri tiesi, että se pystyi välittämään tiedot. Jos taas linja oli 0-tilassa, tiedot kerääntyivät RS232-Bluetooth-adapterin puskurimuistiin, josta ne toimitettiin eteenpäin, kunnes nasta 8 nousi taas 1-tilaan. Näin yhdistämällä nastat 4 ja 8 saatiin RS232-Bluetooth-adapteri toimimaan halutulla tavalla, eli välittämään tietoa tulostimelle, kun Bluetooth-yhteys oli päällä, ja katkaisemaan tiedonsiirto kun Bluetooth-yhteys ei ollut päällä. Tuloksena oli kuvan 10 mukainen kytkentä.



Kuva 10. Rakennettu RS232-kytkentä

Kuvassa 11 on esitelty punnitusjärjestelmän laitteisto. Järjestelmän tiedonkeruulaitteena toimi Nokia N-Gage matkapuhelin, joka kytkettiin Bluetooth-yhdeyden avulla, joko vaakaan ja tulostimeen tai työasemaan. Vaaka ja tulostin yhdistettiin samaan RS232-Bluetooth-Convertteriin rakennetun RS232-kaapelin avulla. RS232-Bluetooth-Convertteristä lähtevä tieto muodostui vaakan punnitustuloksista, ja RS232-Bluetooth-Convertteriin tuleva tieto meni suoraan tulostimeen, joka tulosti kuitin. Työaseman USB-porttiin liitettiin USB-Bluetooth-adapteri, johon matkapuhelimella tarvittaessa luotiin Bluetooth-yhteys, jolla voitiin siirtää tietoa työaseman ja matkapuhelimen välillä.



Kuva 11. Punnitusjärjestelmän laitteisto

5 OHJELMISTOT

Järjestelmän kehityksen kannalta laitteiston ohella ohjelmistolla oli suuri osa järjestelmän toimivuudessa. Ajallisesti ohjelmiston suunnitteluun ja ohjelmointiin meni suurin osa käytetystä ajasta, joten ohjelmiston kehittämiseen ja ohjelman kääntämiseen mobiilin ympäristön ymmärtämään muotoon tarvittiin joustavaa ja nopeaa kehitysympäristöä, jolla kyettiin luomaan myös langatonta tiedonsiirtoa hyväksikäyttäviä sovelluksia.

Mobiileista kehitysympäristöistä luettiin arvosteluja ja testattiin niistä muutamia. Testattuja ympäristöjä olivat J2ME eli Java, MobileBasic 2.0 ja MobileVB 4.0. Useiden muiden vaihtoehtojen lisäksi järjestelmä olisi voitu myös toteuttaa C++-ympäristössä, joka on tunnettu kehitysympäristö.

5.1 J2ME

Java "mikrorakenne" - lauseet ja lausekkeet - ovat kotoisin C++:sta, siis oikeastaan C:stä. Kielessä on tietenkin paljon vaikutteita muista oliokieleistä, mutta siinä voidaan nähdä jälkiä myös kehityslinjasta, jonka aloitti Algol60. Java on tapana lukea kuitenkin C:n ja C++:n kehityslinjaan [13], joten Javan tarjoama kehitysympäristö olikin hyvin samanlainen kuin C++:n, eli hyvä, mutta työläs. Suuremman sovelluksen kehittäminen olisi vaatinut näissä ympäristöissä suuremman määrän työtä kuin muut mobiilit kehitysympäristöt, mutta toisaalta olisi tarjonnut ominaisuuksiltaan varman alustan sovelluksille. C++ ja Java olivat hyviä peruskieliä myös mobiilikehitysympäristöksi ja tämän takia ne olivatkin erittäin suosittuja ammattikäytössä myös mobiililaitteiden sovellusten kehityksessä. Vaakajärjestelmän kehittämiseen varattu aika ja resurssit eivät kuitenkaan antaneet periksi näiden ympäristöjen käyttöä. Javaan kuitenkin kehitettiin kokoajan uusia luokkakirjastoja langattomien laitteiden ohjaamiseen, joten tulevaisuudessa se varmasti tulee olemaan erittäin käytännöllinen ja nopea työkalu langattomien laitteiden sovelluksia

varten. Java-ympäristöön löytyi testatessa myös Bluetooth-API eli -luokkakirjaston luokka Bluetoothia varten, mutta useista yrityksistä huolimatta sitä ei saatu toimimaan käytännössä ja tämä oli myös eräs syy Javan hylkäämiseen.

5.2 Mobile Basic 2.0

Mobile Basic 2.0 oli helppo tapa luoda yksinkertaisia matkapuhelinsovelluksia Basic-kielellä suoraan matkapuhelimeen. Kehitysympäristössä oli myös mahdollista tehdä sovellus kehityskoneen kautta MIDlet:inä eli J2ME matkapuhelin laajenuksena. Mobile Basic 2.0 soveltui hyvin pienempien ja yksinkertaisempien sovellusten luontiin matkapuhelimiin, mutta laajempaa projektia ajatellen se ei kuitenkaan ollut soveltuva ympäristö.

5.3 MobileVB 4.0

MobileVB 4.0 on mobiililaajennus Microsoftin tekemään Visual Studio 6.0:aan, joka on erittäin suosittu ja nopea ohjelmointiympäristö mm. Windows-käyttöjärjestelmiin. MobileVB 4.0:n avulla Visual Studio 6.0:aan saatiin mobiililaitteissa toimivia ominaisuuksia. Tämä ympäristö on mahdollista saada toimimaan useissa eri käyttöjärjestelmissä mm. Palm OS:ssä, Windows Mobile Versionissa, Symbianissa ja Ericssonin matkapuhelimien käyttöjärjestelmissä. Monipuolisuutensa ja hyvän alustansa vuoksi MobileVB 4.0 valittiin kehitysympäristöksi punnitusjärjestelmään. Myös kohdelaitteen käyttöjärjestelmä tuli valita kehitysympäristöä valittaessa. Käyttöjärjestelmäksi valittiin Symbian-käyttöjärjestelmän Series 60-alusta, jota käytettiin Nokia N-Gage-pelipuhelimessa, sekä muutamassa muissa Nokian ja Sony-Ericssonin matkapuhelinmalleissa.

Microsoft Visual Studio 6.0 tarvittiin kehitysympäristön pohjaksi, joka oli jo valmiina olemassa edellisten kehitystöiden jäljiltä, lisäksi tarvittiin MobileVB 4.0-laajennus, joka tilattiin internetin välityksellä. Lisäksi ladatain ohjelmistojen päivitykset kuten Visual Studio Service Pack 6, joka sisälsi uusimmat päivitykset Visual Studio-ympäristöön.

MobileVB 4.0:lla sovellukset kehitettiin Windows-ympäristössä, jotka siirrettiin matkapuhelimeen Bluetoothin tai puhelimeen liitettävän datakaapelin avulla. Sovelluspaketit käännettiin kehitysympäristön avulla SymbianOS:n asennuspaketiksi eli SIS-paketeiksi. Kääntämisen jälkeen paketti asennettiin puhelimeen Nokian PC Suite-tiedonsiirto-ohjelmalla, joka tuli matkapuhelimen mukana. Ohjelmien lisäksi tietokoneeseen oli asennettava Bluetooth-adapteri ja sen mukana tullut ajuri Bluetooth-tiedonsiirtoa varten.

5.4 Ghost Installer Studio

Kehitystyökalujen lisäksi tarvittiin työkalu työasemaohjelmapaketin luontiin. Paketissa tarvittiin itse ohjelman lisäksi Windows-ympäristön tarvitsemia komponentteja ja Visual Basic-komponentteja. Nämä sisällytettiin pakettiin että asennuspaketti voitiin asentaa myös sellaiseen työasemaan jossa ei ollut Visual Studio-kehitysympäristöä. Asennuspakettien luontiin oli tarjolla useita eri vaihtoehtoja, joista valittiin Ghost Installer Studio-ohjelmisto aiempien käyttökokemusten perusteella.

5.5 Tietokannat ja SQL

Tietokantoja tarvittiin tietojen tallentamiseen ja niiden tehokkaaseen käsittelyyn. Tietokannat luotiin sijoittamalla tietokannan luomiskäskyt ohjelmaan. Ohjelma tarkasti käynnistyessään sen, että oliko tietokanta olemassa ja yhdistyi siihen, jos tietokantaa ei ollut valmiina, ohjelma loi uuden tietokannan. Työaseman ohjelmassa käytettiin Microsoft Access-

tietokantoja, kun taas matkapuhelimessa tiedot täytyi varastoida SymbianDB-tietokantaan, joka oli SymbianOS-käyttöjärjestelmän oma tietokantatyyppe. Molemmissa tietokannoissa käytettiin SQL-kielen käskyjä, jonka etuina ohjelmoijan kannalta oli muutosjoustavuus ja tietoriippumattomuus, joiden ansiosta tietokantoja oli helpompi luoda ja muokata. Toteutusvaiheessa käytettiin sulautettua SQL:ää eli tarvittaessa SQL käskyt sijoitettiin muun ohjelmakoodin sekaan.

SymbianDB-tietokantoja ei kyetty lukemaan Microsoft Access-ohjelmalla, eikä myöskään Microsoft Access-tietokantoja kyetty lukemaan SymbianDB:llä, joten tietokantojen tiedot täytyi siirtää merkki kerrallaan ja tallettaa saapuneet merkit tietokantaan oikealle paikalleen. Tähän tarkoitukseen ohjelmoitiin tiedonsiirtomoduuili, joka liitettiin sekä matkapuhelimen ohjelmaan että työaseman ohjelmaan.

Tiedonsiirtomoduuili lähettävässä päässä hakee tietokannasta kaikki tarvittavat tiedot ja lähettää ne merkki kerrallaan vastaanottavaan päähän. Lisäksi viestiin tiedonsiirtomoduuili lisää omat erikoismerkinsä, josta vastaanottava laite tietää, mitkä tiedot pitää tallentaa tietokantaan, ja mihin kohtaan tietokantaa tiedot tallennetaan. Lisäksi viestiin se liittää viestiin aloitus- ja lopetusmerkit, jotka ilmoittavat laitteille viestin alkamisen ja loppumisen.

5.6 Punnitusjärjestelmän ohjelmat

Punnituslaitteistoa varten kehitettiin 2 eri ohjelmaa: Citius Scale Mobile, joka oli Nokia N-Gage matkapuhelinta varten tehty ohjelma, Citius Scale Desktop, joka oli työasemaa varten tehty ohjelma, ja lisäksi kehitettiin Citius Scale Simulator, joka oli vaakaa demonstroiva simulaattoriohjelma työasemalle.

5.6.1 Citius Scale Mobile

Citius Scale Mobile kehitettiin toimimaan Symbian Series 60-alustalla, joka oli monen älypuhelimien alusta järjestelmän kehityshetkellä. Citius Scale Mobile kehitettiin toimimaan järjestelmän keskeisenä työkaluna, jolla suurin osa töistä hoidettiin. Citius Scale Mobilella hoidettiin Bluetooth-yhteyksien luonti, punnitustuloksien talletus tietokantaan, punnitustulosten ja muiden tietojen muokkaus, tulostukset ja punnitustulosten siirto työasemalle. Citius Scale Mobile oli järjestelmän suurin yksittäinen kehityskohde, jonka kehitys kesti noin puoli vuotta.

Punnitustapahtuma Citius Scale Mobilen avulla tapahtui luomalla Bluetooth-yhteys vaakaan, asettamalla punnittava tuote vaa'alle, valitsemalla tarvittavat tiedot (punnittava tuote, poimija, pakkaus, pakkausten lukumäärä) käyttämällä nuolinäppäimiä ja valikoita. Tämän jälkeen lukittiin punnitustulos näytölle, ja tallennettiin tulos. Tallentamisen jälkeen oli mahdollista tulostaa punnituksesta kuitti yhdellä näppäimen painalluksella. Punnituksen tallentamisen seurauksena tietokantaan tallentui tietue punnituksen tuloksista.

Tietojen muokkaus tapahtui hakemalla tallennetut tiedot tietokannasta, jonka jälkeen tiedot asetettiin listaan, josta voitiin valita tieto, jota haluttaessa voitiin muokata. Muokkauksen jälkeen, halutessa uusi tieto tallennettiin vanhan tiedon päälle tietokantaan.

Tulostus tapahtui luomalla Bluetooth-yhteys vaa'an ja tulostimen Bluetooth-sovittimeen, jonka jälkeen tulostettavat tiedot syötettiin sarjamuotoisena liikenteenä tulostimelle, joka tulosti saadut merkit lukuun ottamatta rivinvaihtomerkkejä ja ohjaukaskäskyjä, kuten esimerkiksi paperin leikkauskäskyjä.

Punnitustulosten siirto työasemalle tapahtui luomalla Bluetooth-yhteys työaseman Bluetooth-sovittimeen, jonka jälkeen halutut tiedot siirrettiin sarjamuotoisena liikenteenä työasemalle. Tietoihin lisättiin omat tietuei-

den aloitus- ja lopetusmerkit, joiden avulla vastaanottaja tiesi tallettaa oikeat tiedot tietokantaan oikealle paikalleen. Lisäksi liikenteeseen sisällytettiin myös muitakin ohjausmerkkejä.

5.6.2 Citius Scale Desktop

Citius Scale Desktop toimi työaseman ohjelmana, jonka avulla syötettiin mm. poimijoiden, pakkausten, tuotteiden ja yrityksen tiedot tietokantaan. Lisäksi Citius Scale Desktopin avulla voitiin lähettää matkapuhelimeen uudet lähtötiedot, ja käsitellä matkapuhelimesta saatuja punnitustuloksia.

Kun uusi tietokanta luotiin Citius Scale Desktopilla, ohjelma loi uuden tietokannan, ja tietokantaan oletustietueet. Tietokantaan lisättiin halutut tiedot valitsemalla ensin muokkauksen kohde esimerkiksi poimijan tiedot, ja tämän jälkeen valitsemalla tarkemmat tiedot ja lisäämällä uusi poimija sekä tiedot hänen taulukkoon. Kun muokkaukset ja lisäykset oli tehty, tiedot tallennettiin tietokantaan, ja lähtötiedot siirrettiin matkapuhelimeen.

Tietojen siirtämistä varten työaseman Bluetooth-sovittimen ja matkapuhelimen välille täytyi luoda Bluetooth-yhteys. Kun tämä oli luotu, Citius Scale Desktopista avattiin yhteys työaseman sarjaporttiin, johon Bluetooth-sovitin oli kytketty. Tämän jälkeen saatiin tiedot siirrettyä helposti joko matkapuhelimesta työasemaan, tai toisinpäin.

5.6.3 Citius Scale Simulator

Citius Scale Simulator toimi vaakaa demonstroivana simulaattorina, jonka avulla järjestelmää voitiin testata ilman vaakaa. Tämän avulla asiakas pystyi tutustumaan järjestelmään ja testaamaan sen toimivuutta

käytännössä. Citius Scale Simulator lähetti arpomiansa punnitustuloksia Bluetoothin välityksellä matkapuhelimeen.

Citius Scale Simulator oli helppokäyttöinen simulaattori järjestelmän testaukseen. Citius Scale Simulatoriin asetettiin sarjaportin numero, jossa Bluetooth-adapteri oli kytkettynä, ja käynnistettiin ohjelma. Ohjelman käynnistyksen jälkeen se arpoi punnitustuloksia 0,01 kg:n ja 150 kg:n väliltä, ja lähetti tuloksen puolen sekunnin välein. Citius Scale Simulatorin tulokset saatiin matkapuhelimeen yhdistymällä työaseman Bluetooth-sovittimeen, kun Citius Scale Simulator oli käynnissä työasemassa.

5.6.4 Ohjelmien tietokannat

Citius Scale Mobile ja Citius Scale Desktop-ohjelmissa käytettiin samanlaisia tietokantojen rakenteita, vaikka itsessään tietokannat olivat erilaisia (SymbianDB ja MS Access). Tietokantojen samankaltaisuus toi selkeyttä mm. tietojen siirtoon, ja vähensi samalla siirron aikana tapahtuvia virheitä, jotka pahimmillaan saattoivat aiheuttaa ohjelman kaatumisen.

Tietokantojen taulujen ja kenttien nimistä pyrittiin tekemään mahdollisimman kuvaavia käyttötarkoitustaan ajatellen, joka helpotti ohjelmakoodin kirjoitusvaiheessa tuomalla hieman selkeyttä. Tietokanta muodostui viidestä eri taulusta, jotka sisälsivät tarvittavat tiedot.

6 TESTAUS

Järjestelmä kehitettiin osakokonaisuuksina, joita aluksi testattiin erillisinä osina. Lopuksi kun järjestelmän osakokonaisuudet saatiin kehitettyä loppuun, osakokonaisuudet kasattiin yhteen ja niitä testattiin kokonaisuutena. Osakokonaisuuksia olivat RS232-kaapeli, Citius Scale Mobile, Citius Scale Desktop, ohjelmien tiedonsiirtomoduli, ja ohjelmien tietokantojen toiminta.

RS232-kaapelia testattiin RS232-testerillä ja Hyper Terminal-ohjelmalla, joka kuuluu mm. Windows XP-käyttöjärjestelmään. Lopuksi kaapeli kytkettiin toimimaan osana järjestelmää, jolloin testattiin vielä kaapelin toimivuus käytännössä.

Citius Scale Mobilea ja Citius Scale Desktopia testattiin useasti ohjelman kehityksen aikana. Aina kun ohjelmiin kehitettiin uusia ominaisuuksia, ohjelman testasi kehityksen jälkeen ensin ohjelmoija, ja tämän jälkeen yrityksen johto, ennen kuin ohjelma annettiin asiakkaalle testikäyttöön. Ohjelmoijan testissä varmistuttiin siitä, että ohjelma toimi teknisesti oikein ja se ei kaatunut tehtävää suorittaessa. Johdon testeissä perehdyttiin tarkemmin ohjelmien käytettävyyteen, josta myös asiakas sai ilmaista oman mielipiteensä.

Ohjelmien tiedonsiirtomoduli testattiin aluksi erillisenä ohjelmana, jolloin todettiin moduulin toiminta. Kun tiedonsiirron toimivuudesta varmistuttiin, se sulautettiin osaksi Citius Scale Mobile ja Citius Scale Desktop-ohjelmia, jolloin moduuli hoiti myös tietokantoihin liittyvät toiminnot tiedonsiirron aikana.

Citius Scale Mobile ja Citius Scale Desktop-ohjelmilla olivat käytössään erilaiset tietokannat, jotka täytyi testata erillisinä osasina. Ohjelmissa tapahtuu paljon tietokantoihin liittyviä operaatioita, ja jokaisen tällaisen operaation kehittämisen jälkeen täytyi varmistua, että se toimii. Ohjelmien tietokantojen rakenne täytyi olla samanlainen molemmissa ohjel-

missa, jotta tietokannat siirtyivät hyvin laitteesta toiseen. Tästä myös täytyi varmistua tietokantoja testatessa.

Lopuksi kaikki osakokonaisuudet liitettiin yhteen, ja kokonaisuutta testattiin käyttämällä laitteistoa mahdollisimman monilla eri asetuksilla, ja tavoilla. Ilmi tulleet ongelmat kirjattiin ylös heti kun ongelma ilmeni, ja ongelman syyt selvitettiin ja korjattiin niin heti kun oli mahdollista.

7 TULOKSET JA TULOKSIEN TARKASTELU

Laitteisto koostui vaa'asta, tulostimesta, matkapuhelimesta ja työasemasta. Laitteiden välinen tiedonsiirto toteutettiin Bluetoothin avulla, jossa tarvittiin USB-Bluetooth-adapteri, ja RS232-Bluetooth-adapteri, sekä Nokia N-Gage matkapuhelimen sisältämä Bluetooth-ominaisuus. RS232-Bluetooth-adapteri jaettiin niin, että sen avulla kyettiin käyttämään sekä vaakaa että tulostinta. Jakaminen suoritettiin rakentamalla käyttötarkoitusta varten kaapeli. Adapterin jakaminen ei kuitenkaan sujunut aivan kivuttomasti, koska kaapeli tuotti tulostimelle ylimääräisiä merkkejä. Kun ongelman saatiin selvitettyä, saatiin ongelma kuitenkin rajattua siten, että siitä ei tullut ylitsepääsemätöntä ongelmaa.

Matkapuhelimen ohjelma tehtiin MobileVB 4.0:lla ja työaseman ohjelma tehtiin Visual Basic 6.0:lla. Matkapuhelinohjelmalla luotiin Bluetooth-yhteydet, kerättiin punnitustulokset, vastaanotettiin pohjatiedot työasemalta, käsiteltiin tulokset haluttuun muotoon, tulostettiin halutessa kuitti tai punnitusraportti, ja siirrettiin punnitustietokanta työasemalle. Työasemaohjelmalla luotiin tietokantoja ja muokattiin pohjatietoja, ja lisäksi se sisälsi liikennöintiohjelman, joka huolehti työaseman tiedonsiirrosta. Tietokantojen käskyt kirjoitettiin SQL:llä, jotka sulautettiin ohjelmakoodiin.

Tuloksena saatiin punnitusjärjestelmä, jonka avulla saatiin punnitustuloksien tarkat tiedot siirtymään tietokantaan nopeasti ja helposti. Järjestelmällä oli mahdollista tehdä punnitus, tarkka kirjanpito ja kuittituloste noin 10 sekunnissa. Tarkka kirjanpito oli valmiiksi sähköisessä muodossa ja siirrettävissä työasemalle, mikä helpotti kirjanpitäjän työskentelyä mm. palkkioiden laskemisessa. Lisäksi oli tarvittaessa heti tiedossa kuinka paljon tiettyä tuotetta oli ostettu päivässä, tämä oli tärkeä tieto suurasiakkaita varten.

Omaan työskentelyyn oltiin tyytyväisiä, koska jouduttiin opettelemaan ohjelmointikielet (Visual Basic, MobileVB ja SQL) samaan aikaan, kun

tehtiin ohjelmaa. Ohjelmointia tehdessä huomattiin oma kehittyminen, mikä oli erittäin palkitsevaa. Ohjelman tekeminen selvitti myös monta asiaa mm. tietoliikenteestä, joita aikaisemmin ei ollut hahmotettu. Järjestelmän, ohjelman ja raportin tekeminen oli kuitenkin suuresta työmäärästään huolimatta erittäin opettavainen ja hyvä kokemus. Projektin aikataulu saatiin myös pitämään, mikä oli myös tärkeää asiakkaan kannalta. Kehityksen aikaisemmissa vaiheissa loppukäyttäjälle toimitamat testiversiot kantoivat hedelmää, koska niistä saatiin hyvää palautetta ohjelman toiminnasta. Näin ohjelma saatiin paremmin toimimaan asiakkaan toivomalla tavalla. Ohjelmaa luodessa keskityttiin helppokäyttöisyyteen, esim. pyrittiin siihen, että samat toiminnot löytyivät aina samoista näppäimistä, mikä osoittautui tärkeäksi, kun loppukäyttäjää opetettiin käyttämään ohjelmaa. Lisäksi erityisesti punnitustapahtuma pyrittiin tekemään mahdollisimman nopeaksi.

NAK-signaalit RS232-sarjaliikenteessä jäivät häiritsemään tekijää. Tähän eräs ratkaisumalli olisi ollut liittää mikrokontrolleri ennen tulostimen sarjaporttia, joka olisi suodattanut halutut heksadesimaalikoodit pois, ja päästänyt halutut signaalit läpi. Tähän ei valitettavasti jäänyt aikaa, mutta on hyvä parannuskohde tulevaisuudessa. Ongelma saatiin kuitenkin rajattua niin, että se ei jäänyt häiritsemään järjestelmän toimintaa merkittävästi.

MobileVB 4.0 osoittautui erittäin hyväksi kehitysympäristöksi, jota voi suositella muillekin mobiililaitteille. Se oli nopea ja monipuolinen kehitysympäristö matkapuhelimelle. Nokian pelipuhelin N-Gage toimi myös tähän käyttöön erittäin hyvin pelitoimintoihin tarkoitettujen ohjaimien ja suuren näytön takia, ja tälle puhelimelle voisi hyvinkin kuvitella myös paljon muita hyötysovelluksia. Symbian Series 60-alusta sinällään oli erittäin toimiva, johon voisi toivoa Bluetooth-yhteyksiin mahdollisuutta ottaa yhteyttä useampaan kohteeseen yhtä aikaa (Point-to-Multipoint), nykyisen yhden kohteen sijasta (Point-to-Point).

8 YHTEENVETO

Työn tuloksena saatiin kehitettyä toimiva ja helppokäyttöinen punnitusjärjestelmä ammattikäyttöön. Laitteiston pääkomponentti Nokian N-Gage matkapuhelin saatiin toimimaan jopa yllättävän hyvin punnituslaitteiston osana, vaikka kehitysvaiheessa ilmeni ongelmia. Myös laitteiston hinta jäi kohtuulliseksi, mikä helpottaa osaltaan järjestelmän käyttöönottoa. Järjestelmää voitaisiin tulevaisuudessa käyttää myös muihinkin käyttötarkoituksiin kuin marjojen ja sienien punnitukseen. Käyttötarkoituksen muuttaminen olisi mahdollista pienillä ohjelmiston muutoksilla.

Järjestelmä meni asiakkaan käyttöön syyskuussa 2004, ja samaan aikaan punnitusjärjestelmää alettiin markkinoida vaakojen tukkukauppiaille.

Ohjelmoinnissa käytettiin Visual Basic 6.0, MobileVB 4.0 ja SQL-kieliä, jotka olivat nopeita ja monipuolisia ohjelmointivälineitä. Ohjelman kehityksessä keskityttiin ohjelman käytön yksinkertaisuuteen, koska ohjelmistoa tultiin käyttämään ammattikäytössä ja rahaliikenteen apuvälineenä.

Ohjelmisto rakentui matkapuhelin ohjelmasta, työasemaohjelmasta ja tiedonsiirto-ohjelmasta. Matkapuhelinohjelma huolehti tietojen saamisesta matkapuhelimeen, tietojen käsittelystä matkapuhelimessa, sekä matkapuhelimen tietojen siirrosta. Työaseman ohjelma huolehti tietokantojen luomisesta ja tietojen muokkauksesta. Työaseman ohjelmaan lisätty tiedonsiirto-ohjelma huolehti työaseman kommunikoinnista matkapuhelinohjelman kanssa.

LÄHDELUETTELO

- 1 Wireless mobile Vaasa. Päivitetty 10.4.2003. [WWW-dokumentti]
<http://www.wlan.puv.fi/WLAN9.ppt#256,1,WLAN> Tekniikka
- 2 Verkkokauppa.com. Kuva tuotteesta SMC2804WBR 54 MBIT WLAN-tukiasema+palomuuuri SPI. Luettu 13.7.2004. [WWW-dokumentti].
http://www.verkkokauppa.com/productimages/orig/10334_01.jpg
- 3 Verkkokauppa.com. Kuva tuotteesta D-Link AirPlus DWL-520+ Wireless 32-bit PCI adapter. Luettu 13.7.2004 [WWW-dokumentti].
http://www.verkkokauppa.com/productimages/orig/6629_01.jpg
- 4 Henri Kuokka. Langattomat lähiverkot. Tietokone lehti. Sanoma Magazines Finland Oy Lokakuu 2002. ISSN 0359-4947 21. Vuosikerta.
- 5 Kaj Granlund. Langaton tiedonsiirto. Porvoo WS Bookwell 2001. 399 s., ISBN 951-846-091-4
- 6 Matti Juutilainen. Siirtyvä tietoliikenne. Luettu 13.7.2004. [WWW-dokumentti].
<http://www.it.lut.fi/kurssit/03-04/010651000/luennot/wlan.pdf>
- 7 Schiller J. Mobiilitietoliikenne. Helsinki Edita 2001. 380 s., ISBN 951-826-216-0

- 8 Jyrki Oraskari. Bluetooth. Päivitetty 7.12.2004. [WWW-Dokumentti]
<http://www.hut.fi/~joraskur/bluetooth.html>
- 9 Annika Aalto. Bluetooth. Päivitetty 7.12.2004. [WWW-Dokumentti]
<http://www.tml.hut.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Essays/bluetooth.html>
- 10 Saching Garg. Bluetooth (BT) Protocol Architecture. Luotu 23.9.2003. [WWW-dokumentti].
[http://vlsi-edu1.ece.wisc.edu/~zhang/vlsiforum/documents/sachin Bluetooth.h.ppt](http://vlsi-edu1.ece.wisc.edu/~zhang/vlsiforum/documents/sachin_Bluetooth.ppt)
- 11 Qusay H. Mahmud. Wireless Application Programming with J2ME and Bluetooth. Tehty Helmikuussa 2003. [WWW-dokumentti].
<http://developers.sun.com/techtoc/mobility/midp/articles/bluetooth1/>
- 12 Forum Nokia. Games Over Bluetooth, Recommendations to Game Developers, version 1.0. Tehty 13.11.2003. [WWW-dokumentti]
http://www.forum.nokia.com/main/1,6566,21,00.html?fsrParam=1-3-/main/1,6566,21_10,00.html&fileID=5284
- 13 Helsingin yliopisto / Tietojenkäsittelytieteenlaitos. Javan ja C++:n eroja. Päivitetty 10.9.1997. [WWW-dokumentti]
<http://www.cs.helsinki.fi/u/wikla/JohdOhj/Sisalto/1/CeeJava.html>