

BLUETOOTH

Yrityksen langattomana verkkona

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Sovelluskehitys
Opinnäytetyö
Syksy 2008
Joni Keskinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Joni Keskinen:

Bluetooth
Yrityksen langattomana verkkona

Sovelluskehityksen opinnäytetyö, 35 sivua, 0 liitesivua

Syksy 2008

TIIVISTELMÄ

Työni käsittelee Bluetoothin antamia mahdollisuuksia työelämässä sekä sen soveltamista koeympäristöön. Tarkoitukseni on luoda koeympäristö ja yrityksen tarpeet, joiden avulla pystyn kartoittamaan, onko tarvetta langattomaan verkkoon. Tämän perusteella lähdän rakentamaan Bluetooth-verkkoa kyseiseen yritykseen. Sen lisäksi pyrin kartoittamaan Bluetoothin tuomat lisämahdollisuudet. Lopuksi totean, olisiko tämä teoriassa mahdollista toteuttaa. Työssäni en puutu käytettyihin laitteisiin tai ohjelmistoihin.

Toteutan työni tarkastelemalla ja ylöskirjaamalla teoreettisia tietoja Bluetoothista. Työni perustuu laadulliseen tutkimukseen. Käyn läpi Bluetoothin teorian ja osoitan sen toimivuuden koeympäristössä, sekä vertailen sitä muihin langattomiin verkkoihin.

Teorian pohjalta tehtyjen päätelmien perusteella Bluetooth on toimiva ratkaisu yrityksille joiden maksimitoimintasäde laitteelle on 70 metrin luokkaa. Tällöin laitteisto on häiriövapaampi. Bluetooth antaa myös pidemmän toiminta-ajan kämmentietokoneille, se helpottaa kämmentietokoneiden käyttöä. Bluetooth on todettu salauksiltaan riittäväksi, koska kantama on noin 70 metriä.

Toteutuksessa onnistuin luomaan koeympäristössä toimivan verkon. Tämän lisäksi kehitin parannusehdotuksia verkon toimivuuteen. Vertailussa totesin Bluetoothin omaavan enemmän plussia kuin miinuksia. Suurimpina plussina totesin salausjärjestelmän sekä sitä tukevan lyhyen kantaman ja toisaalta akkukäyttöisten laitteiden pienemmän sähkönkulutuksen. Hinnaltaan Bluetooth-laite on muita kilpailijoitaan edullisempi.

Lopputuloksena totean Bluetoothin toimivan mainiosti pienyrityksien langattomana verkkona ja apuvälineenä WLAN:in ohella suuremmissa rakennelmissa. Bluetooth ja WLAN eivät varsinaisesti kilpailekaan toistensa kanssa, vaan ovat toisiinsa täydentävät langattoman verkon muodot.

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in information technology

Joni Keskinen:

Bluetooth
Wireless network of company

Bachelor's Thesis in application development, 35 pages, 0 appendixes

Spring 2008

ABSTRACT

My thesis covers Bluetooth possibilities in work life and it's applies in test environment. My intention is to create test environment and company needs. With these I can map if there is any need for wireless network. With this study as a basis, I'll build Bluetooth network to this company and I'll see if there are some new possibilities that Bluetooth can offer for this environment. At the end I'll see in theory if this is possible. In my thesis, I won't go into equipments or software need to do this.

I am creating my thesis by scrutinizing the theory of Bluetooth. I'll do this in form of qualitative based research. In it I'll show Bluetooth's theory and its functions on test environment and compare it to other wireless networks.

According to theory, Bluetooth is great wireless network when the maximum range of wireless is 70 meters or under. When so Bluetooth is almost interference-free. Bluetooth also grants longer working time to PAD, which makes them easier to use. Security behind Bluetooth is also good enough for range of 70 meters.

In implementation, I successfully created wireless network in a test environment. In addition I came up with some proposals for making it even better. In compare to other networks, I observed that Bluetooth had more upsides than downsides. Greatest upsides were security in a limited range environment and power consumption. Bluetooth is also cheaper than its challengers.

My final conclusion is that Bluetooth works perfectly as a network for small companies and with WLAN it can be great helping tool for large companies too. Bluetooth and WLAN aren't exactly competing each other. Instead they can complement each others leaks in a wireless

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	BLUETOOTHIN HISTORIA	3
3	BLUETOOTH YLEISESTI	5
4	BLUETOOTHIN TEKNIikka	7
4.1	Verkkotekniikka	7
4.2	Pikoverkko	10
4.3	Radiosanomat	11
4.4	Siirtovirheiden hallinta	13
4.5	Bluetooth-tietoturva	14
4.5.1	Autentikointi	14
4.5.2	Salakirjoitus	15
4.6	Bluetooth EDR	15
4.7	Suojaus	16
5	KUVITTEELLINEN YRITYS	17
5.1	Asiakkaan tarpeet ja ratkaisut	19
5.2	Varaston ja kuljetuksen tarpeet ja ratkaisut	20
5.3	Myyntineuvottelijoiden tarpeet ja ratkaisut	21
6	BLUETOOTH-KOEVERKKO	23
6.1	Perusverkot rakennuksissa	23
6.2	Kylmävaraston pikoverkko	24
6.3	Lisämahdollisuudet	26
6.4	Koeverkon yhteenveto	27
7	BLUETOOTH VASTAAN MUUT	29
7.1	Taajuuskaistan ongelmat	29
7.2	Hyödyt muihin tekniikoihin nähden	29
7.3	Haitat muihin tekniikoihin nähden	31
8	YHTEENVETO	32

1 JOHDANTO

Nykyaikana kaikki tahdotaan tehdä helpommaksi ja käytännöllisemmäksi. Sähköposti kulkee yötäpäivää ilman turhia välikäsiä. Myös kaikki tieto joka on pakattu Internetiin on saatavilla lähes kaikkialla maailmassa. Tästä syystä onkin ajankoh- taista tarkastella langattomien verkkojen mahdollisuuksia.

Yritykset käyttävät vieläkin asioiden kirjaamiseen paikkariippuvaisia elementtejä, kuten pöytätietokonetta. On aika tarkastella langattomanteknologian mahdolli- suuksia perinteisessä työympäristössä.

Langattomuus tuo myyjälle erilaisia mahdollisuuksia säilyttää suuria tietokantoja ja päivittää niitä missä tahansa. Asiakas voi myös hyötyä langattomasta apuristaan ympäri liikettä, silloinkin kun myyntineuvottelija ei ole saatavissa. Myös turhat asioiden tarkastamiset koneelta jäävät myyntitilanteessa pois, kun kannat mukana- si langatonta tietopankkia, joka on yhteydessä pääserveriin.

Miten tämä langaton verkko sitten luodaan ja millä laitteistolla. Olen valinnut Bluetoothin langattomaksi verkontyypikseni ja koeympäristöksi kuvitteellisen halliympäristön. Todellisuudessa voisimme kuvitella samanlaisen toteutuksen lähes mihin tahansa metallialan yritykseen. Käsittelen asiaa omien havaintojen ja teorian perusteella.

Bluetooth on tekniikaltaan kykenevä aina 100 metrin kantavuuteen ja huomatta- vaan läpäisyyn radioteknologiansa ansioista. Salausjärjestelmät sekä nopea taa- juusvaihto, ovat sen valtteja muihin langattomiin nähden. Sen lisäksi sen suosio on kasvanut läpi markkinoiden kaikissa tuotteissa.

Työssäni tarkastelen aluksi Bluetoothin historiaa, josta siirryn teknologiaan. Kui- tenkin pääpainona minulla on teoriassa todistaa Bluetoothin mahdollisuudet yri- tyksien kasvavassa tarpeessa saada kaikki tieto luettavaksi kaikkialla myymälässä.

Työssäni vertailen myös Bluetoothia muihin vastaaviin järjestelmiin. Vaikka WLAN ja Bluetooth eivät kilpailekaan samassa sarjassa, voidaan Bluetoothia hyödyntää paremmin lähiverkkona. Tavoitteeni onkin kartoittaa Bluetoothin mahdollisuudet noin 70 metrin rajatuissa verkoissa.

2 BLUETOOTHIN HISTORIA

Bluetooth-projekti aloitettiin vuonna 1994 Ericssonin toimesta. Tarkoituksena oli luoda langaton siirtotekniikka, joka olisi hinnaltaan huokea ja sähkökulutukseltaan alhainen. Tutkimustyöt aloitettiin Lundin yliopistolla tutkien matkapuhelimen langattomia mahdollisuuksia. Nykyään tuote on tunnettu merkistään. (Bluetooth 2008.)



Kuvio 1 (Bluetooth 2008.)

Vuonna 1998 tutkimustyöt laajenivat ja Ericsson päätti ottaa mukaan projektiin mm. Nokian, IBM:n, Toshiba ja Intelin, jotka yhdessä muodostivat SIG ryhmän (Bluetooth Special Interest Groupin). Tämä lienee Bluetoothin taipaleen merkittävimpiä nousuvaiheita. (Bluetooth 2008.)

SIG ryhmän jäsenillä oli jokaisella oma tehtävänsä vahvuksiensa mukaan toiminnassa. Ericsson vastasi radioteknologiasta. Toshiba ja IBM tutkivat liikkuvien laitteiden integrointia. Nokia keskittyi radioteknologiaan ja kannettavien laitteiden ohjelmistoihin. (Bluetooth 2008.)

SIG järjestönä on erikoinen, koska sen jäseneksi pääsee kuka tahansa Bluetooth-teknologian käytöstä tai kehityksestä kiinnostunut. Bluetoothin hyvänä puolena laajenemisen kannalta luetaan myös sen avoin ja maksuton spesifikaatio. Laitteet tulee kuitenkin hyväksyttävä SIG:n määräämällä tavalla, jotta yhteensopivuus olisi taattu. (Bluetooth 2008.)

Tällä hetkellä SIG ryhmään kuuluukin n. 10000 jäsentä ja se toimii lähes kaikkialla teknologian alalla kännyköistä televisioihin. Bluetoothin kymmenvuotisen varsinaisen historian aikana se on noussut suurimmaksi langattoman teknologian lait-

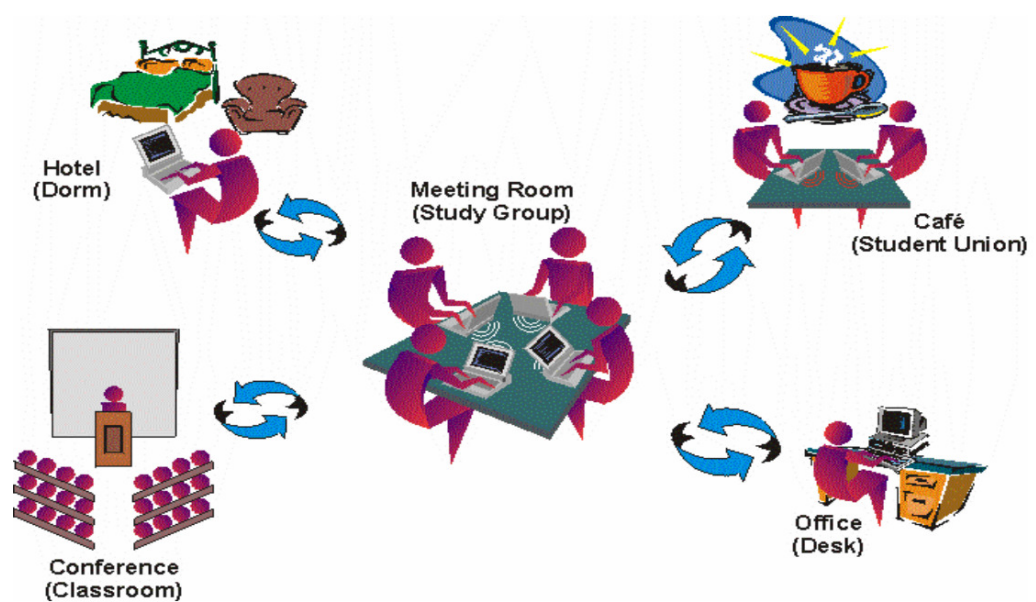
teeksi, toimittaan yli 2 biljoonaa tuotetta näiden vuosien aikana. Vuonna 2006 Bluetooth toimitti 10 miljooonaa tuotetta viikoittain. (Bluetooth 2008.)

Bluetooth itsessään on saanut nimensä tanskalaisen viikingin, Harald Blåtandin, mukaan. Harald yhdisti aikoinaan Norjan ja Tanskan ja hallitsi niitä rautaisella otteella. Tästä lie haluttu hakea pontta vahvaksi yhdistäväksi tekijäksi langattomalla puolella. (Bluetooth 2008.)

Vuonna 1999 julkaistiin Bluetoothista ensimmäinen spesifikaatio versio 1.0, vähän tämän jälkeen tuli 1.0b. 2001 ilmestyi markkinoille versio 1.1, jonka tarkoituksena oli parantaa eri valmistajien yhteensopivuutta. Vuoden 2003 lopulla tullut versio 1.2, parantaa yhdistämisenopeutta laitteiden välillä sekä mukauttaa taajuusvaihtelua häiriöiden välttämiseksi. Vuosi tämän jälkeen julkaistiin Bluetoothin 2 versio joka, nopeutti toimintaa sekä yhdistettävyyttä huomattavasti. (Bluetooth 2008.)

3 BLUETOOTH YLEISESTI

Bluetooth-laitteet ovat jo nykyisin yleisesti käytössä kotitalouksissa. Näkyvimvät merkit Bluetoothista ovat matkapuhelin puolelta, jossa on käytössä langattomat kuulokkeet ja yhteydet tietokoneisiin. Tämän lisäksi Bluetooth on vallannut aluetta tietokoneiden oheislaitteiden yhdistämismuotona. Logitech onkin tuonut markkinoille jo useamman Bluetooth-laitteen. (Haapaja J. 2004 ,11.)



Kuvio 2

Kuviossa 2 näemmekin missä normaaliarjen tilanteissa Bluetoothia jo käytetään langattomana verkkona. Bluetooth voi olla käytössä mm. kahviloissa, hotelleissa, toimistoissa tai auditorioissa. Tällöin saadaan jaettua haluttu verkko tai tieto kaikille.

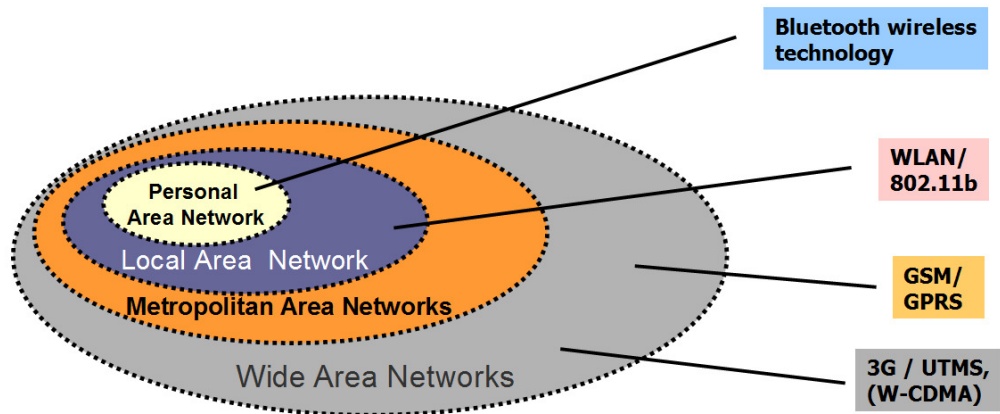
Varsinaisia Bluetooth-koteja on nähty vasta messuilla, nämäkin ovat olleet vasta haavekuvia siitä mihin kaikkeen tällä laitteistolla pystytään. Periaatteessa Bluetooth pystyy hallitsemaan yhdellä kaukosäätimellä kaikkia laitteita pikoverkossa, koska jo nykyiset kotielektroniikan valmistajat ovat osittain varustaneet laitteensa Bluetooth-sovittimilla tulevaisuuden varalta.

Markkinoinnin puolella on nähtävissä musiikkiteollisuuden kiinnostus laitteistoa kohtaa. Esimerkiksi ostoskeskuksissa pystytään jo nykyään luomaan markkinointiverkko, jossa pystyt Bluetoothin avulla ostamaan musiikkikappaleita kännykkäsi.

4 BLUETOOTHIN TEKNIikka

Tärkeimpänä asiana Bluetoothissa on tietysti sen teknologia, josta kerron tarkemmin tässä kappaleessa. Valitettavasti kaikkea teknologiaa Bluetoothin takana en pysty kertomaan, koska pelkästään Bluetooth 2.1 tuomien uudistuksien kertomiseen on käytetty tekijän puolesta 1420 sivua. Tässä kuitenkin pintaraapaisu asioista, joilla on vaikutusta opinnäytetyön kannalta.

Bluetooth on yksityisverkon jakoon tarkoitettu työkalu, kuten kuviosta 3 huomataan. Kuviosta nähdään myös muiden verkkojen oletusarvoiset tarkoitukset. Tästä syystä WLAN ja Bluetooth eivät varsinaisesti ole toistensa kilpailijoita vaan tukijoita.



Kuvio 3

4.1 Verkkotekniikka

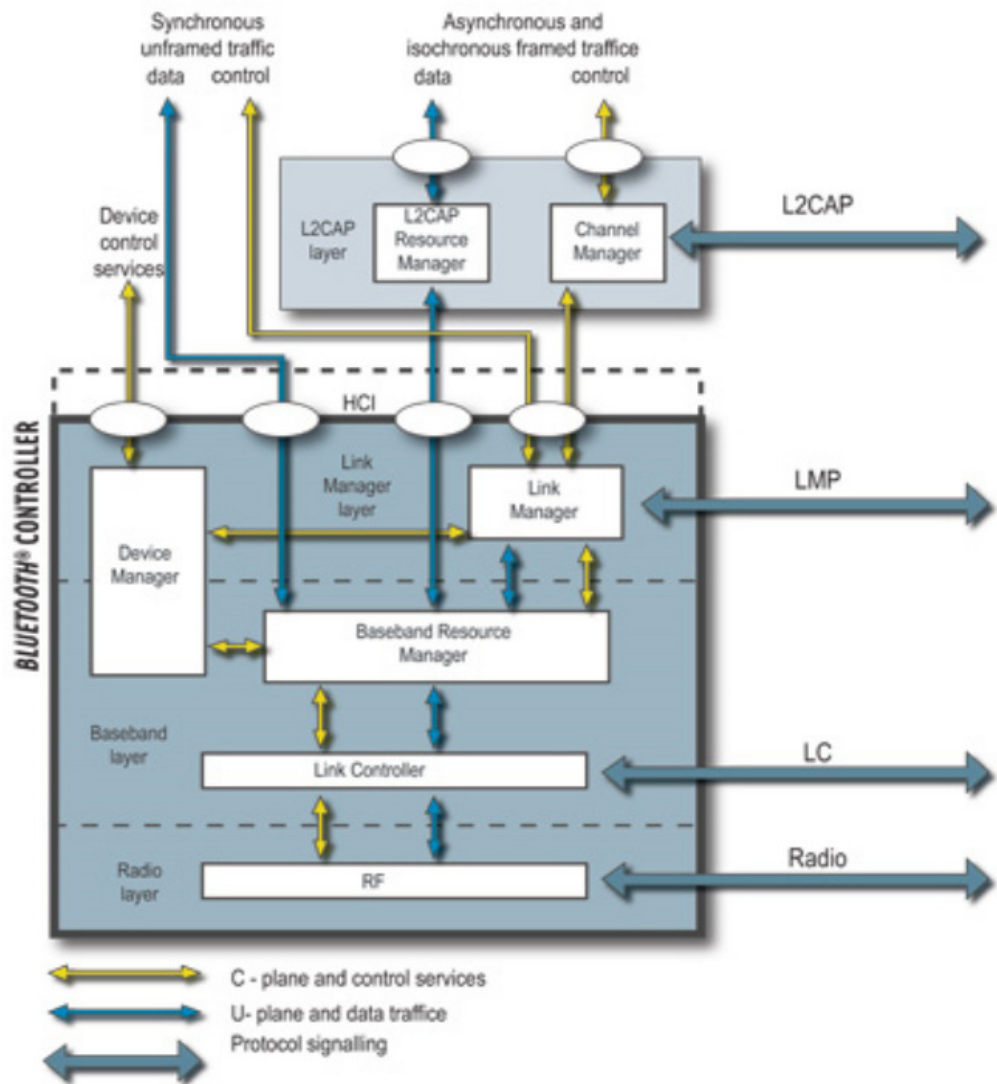
Bluetooth-verkko on aina isännän hallitsema. Verkkoon voi kuulua maksimissaan isäntä ja seitsemän orjalaitetta kerrallaan, mutta verkot voidaan yhdistää toisiinsa joko orjalaitteen tai isännän kautta, jolloin pystytään tekemään lähes rajattomia verkkoja. Yksi Bluetooth-laite voi siis olla osallisena kahdessa verkossa samanaikaisesti. (Wiki 2008; Bluetooth 2008.)

Bluetooth on lyhyen kantaman radiotekniikkaan perustuva langaton tiedonsiirto-tekniikka. Bluetooth kykenee symmetrisessä siirrossa 432,6 kilobitin nopeuteen ja symmetrisesti lähtevässä 721 kilobitin ja saapuvassa 57,6 kilobitin nopeuteen sekunnissa. (Wiki 2008; Bluetooth 2008.)

Bluetooth lähetystehot voidaan laskea 3 luokassa:

Luokka 3 pystyy noin metrin tiedonsiirtoetäisyyteen. Luokka 2 kykenee noin kymmenen metrin ja luokka 1 taasen jopa 100 metrin tiedonsiirtoetäisyyteen. Keskilähetystaajuus on 2.45 GHz. (Wiki 2008; Architecture – Radio 2008.)

Bluetooth koostuu kolmesta osasta, jotka ovat radio-osa (Bluetooth-radio), radiolinkin hallintaosa (engl. link controller) ja yhteydenhallinta (engl. link manager). (Wiki 2008; Bluetooth 2008.)



Kuvio 4 (Core system architecture 2008.)

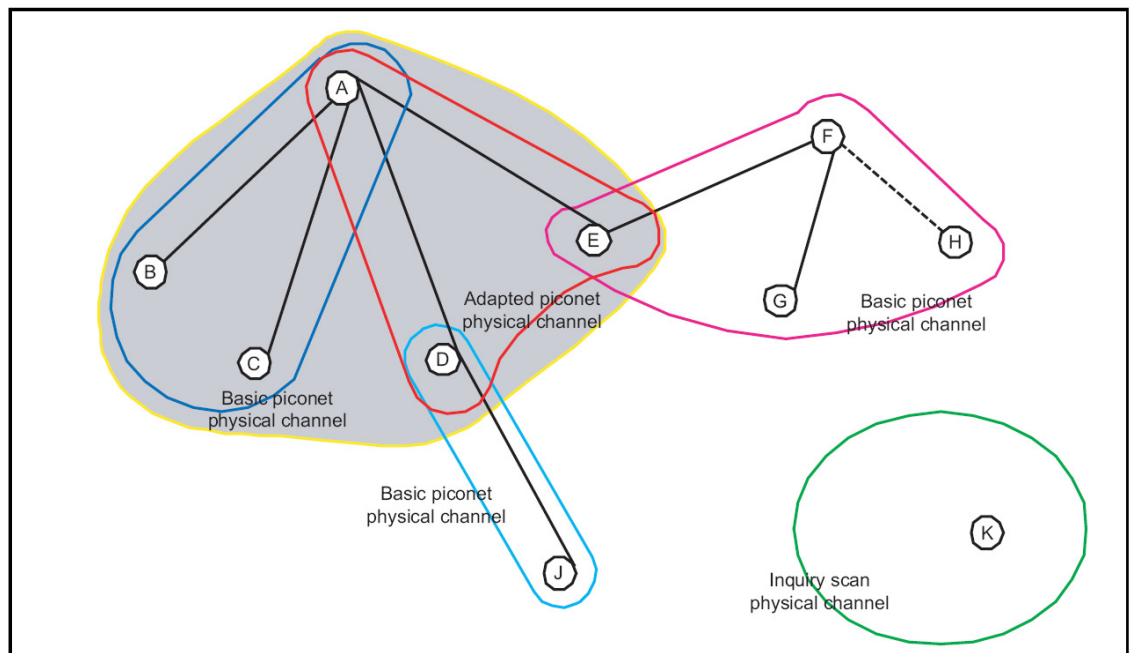
Kuviossa 4 nähdään yhteyden muodostamiseen vaikuttavat sisäiset komponentit ja niiden yhteydet toisiinsa. Bluetooth-yhteyden luonti lähtee sarjaportti kuuden tai seitsemän luomisesta, jonka kautta se ottaa yhteyden ulkopuoliseen laitteeseen käyden läpi tiettyjä prosesseja. (Core system architecture 2008.)

Käytetyt tekniikat ovat joko Point-to-Point eli kahden laitteen välinen yhteys tai Point-to-Multipoint eli monen laitteen välinen yhteys yhdestä laitteesta. Point-to-Point-tekniikkaa käytetään mm. matkapuhelimien ja kuulokkeiden välillä. Kun taas Point-to-Multipoint on tarkoitettu väliaikaiseen tai satunnaiseen yhteydenluomiseen. Tapaa kutsutaan Ad-hoc-yhteydeksi, koska varsinaista kiinteää verk-

koinfrastruktuuria ei ole. Point-to-Multipoint yhteys mahdollistaa myös pikoverkon, jolloin saadaan aikaiseksi verkko, joka vastaanottaa uusia laitteita jatkuvasti. (Grandlund 2007, 248-252, 326.)

4.2 Pikoverkko

Pikoverkko muodostuu 2-8 laitteen verkosta. Ensimmäinen verkkoon liittyvä laite on isäntä ja muut ovat orjia, jotka ovat keskenään yhdenvertaisia. Haluttaessa voidaan kuitenkin vaihtaa isäntää verkossa jotta laitteet tunnistuisivat verkossa, on niihin lisätty 48-bittinen osoite jo tehtaalla. Pikoverkossa laitteet jakavat saman tiedonsiirtoväylän. Isäntä toimii verkossa synkronoijana, koska sen kelloa ja taajuushyppelyä käytetään kaikkien laitteiden synkronointiin. Orjat käyttävät isännän aika- ja taajuusparametreja, sekä pyytävät ja odottavat lupaa tiedonsiirtoon. (Architecture-Baseband 2008.)



Kuvio 5 pikoverkko useamman laitteen välillä (Core specification v.2.1+EDR 2008).

Kuvassa pikoverkkoja on useampi. A johtaa isointa pikoverkkoa, johon kuuluu orjat B, C, D ja E. Näistä B ja C kuuluvat ainoastaan kyseiseen verkkoon. D muodostaa A:n suoman verkon lisäksi myös verkon J:n kanssa, jossa D toimii isäntänä ja J orjana. (Core specification v.2.1+EDR 2008.)

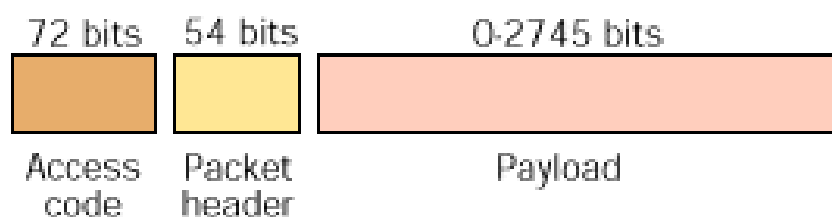
Tämän lisäksi on ulkoinen pikoverkko F, jonka isäntänä toimii F ja orjina E, G ja H. Laite E on ainut pikonetinjäsen, joka kuuluu kumpaankin peruspikonettiin, näin ollen se voi hyödyntää kummankin tietoa ja välittää sitä pikonetien välillä. Laite K on ulkopuolinen isäntä, joka odottaa etsien ympäristöstään orjia. (Core specification v.2.1+EDR 2008.)

Pikoverkko pystyy vastaanottamaan useammankin laitteet samaan aikaan mukaan, mutta tällöin isäntä määrää yhden orjista passiiviseen tilaan. Uusi laite voi tällöin liittyä verkkoon siksi aikaa, kun orja on passiivisessa tilassa, mutta poistuttava ennen orjan uutta aktivointia. Tämä mahdollistaa hetkittäisen tiedonsiirron muuhun kohteeseen. (Bluetooth 2008.)

Pikoverkot eivät ole keskenään tahdistettuja, joten jos tahdotaan liittää kaksi tai useampia pikoverkkoja toisiinsa, pakettien törmäystila kasvaa, josta seuraa lähestyksen heikentyminen. (Bluetooth 2008.)

4.3 Radiosanomat

Bluetooth-pikoverkon sanoma on aina samassa perusformaatussa. Ulkoasullisesti se näyttäisi vastaavalta: (Aalto 1999.)



Kuvio 6 (Aalto 1999.)

Sanoman osat ovat AC (Access Code), otsikko (packet header) ja hyötykuorma (Payload), joka vaihtelee 0-2745 bitin välillä. Katso Kuvio 6. (Grandlund 2007, 333.)

AC-osa muodostuu neljän bitin alkutahdistuksesta, 64 bitin mittaisesta opetus- ja synkronointikentästä sekä lopussa olevasta neljän bitin häntäbitistä. AC:lla yksilöidään myös pikoverkot niin, että samassa verkossa toimivat laitteet omaavat samanlaiset AC-kentät. Isäntäkoneen 24-bittisestä LAP-kentästä muodostetaan synkronointikenttä. Tämä synkronointikenttä muodostetaan siten, että muodostettuun sanomaan saadaan riittävä Hamming-etäisyys. (Grandlund 2007, 333.)

Alkutahdistus voi olla joko 1010 tai 0101 riippuen kummalla 1- vai 0-bitillä synkronointikenttä alkaa. Tällä eliminoidaan mahdollinen tasavirtakomponentti vastaanotossa. Samanlaisella tavalla tehdään myös häntäbitti. Mikäli synkronointikenttä päättyy 0-bittiin, on häntäsana 1010, kun taas sen päättyessä 1-bittiin, on sanoma 0101. (Grandlund 2007, 333.)



Kuvio 7 (Core specification v.2.1+EDR 2008.)

Otsikon sisältö kertoo sekä vastaanottajan tiedot että sanoman tyypin. Aluksi on vastaanottajan tunnus, joka sisältää kolme bittiä, tämä mahdollistaa 8 aktiivista laitetta. Osoite 000 poikkeaa normaalista sanomasta siten, että se tarkoittaa alavirtaan siirrettynä yleislähetysanoma ja ylävirrassa se osoittaa isäntäkoneen. Tämän lisäksi otsikossa on ohjaus-, kuittaus- ja järjestysnumerotiedot. Otsikko on suojattu jakojäännöstarkisteella. (Grandlund 2007, 334.)

Kokonaismitaltaan otsikko on 18-bitin mittainen, mutta tämä suojataan 1/3 FEC-suojauksella(4.4.1), jolloin bitit siirretään kolmeen kertaan. Kokonaismitaksi otsikolle saadaan 54-bittiä. (Grandlund 2007, 334.)

Hyötykuormassa on kolme perussanomaa: hallintasanomat, ACL-kanavan sanomat ja SCO-kanavan sanomat. Hyötykuorman pituus voi olla maksimissaan 2746 bittiä. (Grandlund 2007, 334.)

4.4 Siirtovirheiden hallinta

Bluetooth hallinnoi viestejään kolmella eri virheenkorjausmenetelmällä. Näistä ensimmäinen on kolminkertainen toistokoodi (1/3 FEC), seuraava (15,10) lyhennetty Hamming-koodi ja viimeisenä ARQ-korjaus. Kolminkertainen toistokoodi kykenee korjaamaan yhden bitin mittaiset virheet, kun taas Hamming-koodaus korjaa yhden bitin virheet, mutta tunnistaa kahden bitin mittaiset virheet. (Grandlund 2007 s. 334)

1/3- FEC-koodauksen tarkoitus on korjata yhden bitin virheet kolmesta bitistä. 1/3 FEC-koodaus muodostuu normaalista $b_0, b_1, b_2, \dots, b_i$ bittijonosta, jonon siirtyä $b_0, b_0, b_0, b_1, b_1, b_1, b_2, b_2, b_2, \dots, b_i, b_i, b_i$. (Grandlund 2007, 334.)

1/3 FEC-koodausmenetelmä on varsin yksinkertainen. Sen avulla suojataan pienet virheet sanomissa. Huomioon on kuitenkin otettava, että radiotielle on ominaista virheiden esiintyminen purskeissa, jolloin kahden bitin virhe on korjattavissa vain, jos se osuu kahteen eri bittisarjaan. Muissa tapauksissa tieto on valitettavasti menettänyt. (Grandlund 2007, 334.)

2/3 FEC-koodausmenetelmä on tunnettu monesta ratkaisusta, mutta Bluetoothin puolella sitä käytetään (15,10) Hamming-koodauksessa. Tällöin kymmenestä databitistä tuotetaan 15 bitin mittainen koodisana. Koodi itsessään korjaa yhden bitin mittaiset ja havaitsee kahden bitin mittaiset virheet. Jos vastaanottaja havainnoi, että koodissa on kahden bitin virhe, se poistaa korjausbitit ja käyttää tiedon sellaisenaan. (Grandlund 2007, 335.)

Tämän menetelmän huonot puolet ovat vastaavat kuin 1/3 FEC-koodauksessa, eli purskeiden syntyessä on todennäköisempää, että sanomaa ei voida korjata kuin että yksittäinen bitti olisi tuhoutunut. (Grandlund 2007, 335.)

Bluetooth käyttää CRC-periaatteella (Cyclic Redudancy Check) toimivaa jakojäännöslaskentaa, jossa siirrettävä sanoma jaetaan jakajapolynomilla. Jakolaskussa syntynyt jakojäännös sijoitetaan tarkisteeksi sanoman loppuun. Sanoman lopussa olevasta tarkisteesta käytetään nimitystä FCS (Frame Check Sequence). (Grandlund 2007, 336.)

ARQ-menettelyssä havaittu virhe korjataan siten, että virheellinen sanoma pyydetään uudestaan palauttamalla negatiivinen kuittaus sanoman lähettäjälle (ARQN = 0). Koska Bluetooth käyttää vain yhtä bittiä sanomien numerointiin, on negatiivinen kuittaus palautettava lähettäjälle välittömästi, ja kuittaus kohdistuu aina viimeiseen vastaanotettuun sanomaan. (Grandlund 2007, 336.)

CRC-tarkistus tehdään kahdessa paikassa: Bluetooth-sanoman otsikko sisältää 8-bittisen suojauskentän, joka lasketaan polynomilla $G(x) = x^8 + x^7 + x^5 + x^2 + x + 1$. Niissä sanomissa, joissa hyötykuorma suojataan CRC-tarkisteella, käytetään jakajapolynomia $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. (Grandlund 2007, 336.)

4.5 Bluetooth-tietoturva

Tietoturva saadaan aikaiseksi autentikoinnin ja siirrettävän datan salaamisella. Näiden hallintaan käytetään MAC -osoitteita, kahta salausavainta ja autentikoitua satunnaislukua. Salaiset avaimet tuotetaan autentikoinnin yhteydessä. Ne on muodostettu 128-bittisellä järjestelmällä, joka voi kuitenkin vaihdella 8-128 bitin välillä. Avaimien pituudet vaihtelevat toisistaan. Autentikoinnissa syntynyt avain säilyy koko yhteyden ajan samana, kun taas salausavaimet muuttuvat aina salauksen aktivoinnin yhteydessä. Näin luodaan alati vaihtuva salausjärjestelmä kolmen avaimen turvin. (Grandlund 2007, 335.)

4.5.1 Autentikointi

Autentikoinnin perustana käytetään haaste-vastaus-menetelmää. Menetelmässä toinen osapuolista lähettää viestin, joka sisältää satunnaisluvun tai nonssin. Tähän

viestiin vastaanottaja soveltaa yhteisiä algoritmeja omalla avaimellaan, palauttaen avaimen salakirjoitettuna lähettäjälle. Avainten täsmätessä, täsmää myös osapuolten nonssista tuottamat koodit. Tässä tapauksessa voidaan autentikointi suorittaa molemmin puolin. Tällainen menettely heikentää naamioitumisen mahdollisuutta Bluetooth-verkossa. (Grandlund 2007, 336.)

Autentikoinnin epäonnistuessa, Bluetooth käyttää eksponentiaalisesti kasvavaa odotusaikaa. Tällä tekniikalla pyritään poistamaan mahdolliset koeyritykset avaimen löytämiseksi, koska hyvin nopeasti autentikointien väli on kasvanut tuntien mittaisiksi. (Grandlund 2007, 336.)

4.5.2 Salakirjoitus

Minkä yhteydessä tullaan käyttämään salakirjoitusta, se sovitaan aina salakirjoituksen alkaessa. Neljällä rinnakkaisella LFST-rekisterillä luodaan salauksen alkaessa käytettävä jonosalaajan bittijono. Tämän lisäksi tietoon lisätään modulo 2 (XOR)- yhteenlaskulla tuotettu ”satunnainen” bittijono, joka puretaan samalla mekanismilla käänteisessä järjestyksessä.

(Grandlund 2007, 336.)

4.6 Bluetooth EDR

EDR teknologia on tullut mukaan bluetoothiin 2.0 päivityksen myötä. Tekniikalla nostetaan siirtonopeus modulointitavasta riippuen joko kaksin- tai kolminkertaiseksi. Kuitenkin nopeuttaminen koskee vain hyötykuormaa, joka liikkuu sanomassa, kuten IEEE 802.11 standardissakin. Tällöin otsikkotiedot siirretään vielä vanhalla nopeudella. Tämä takaa yhteensopivuuden vanhoihinkin päivityksiin. (Grandlund 2007, 339.)

Kaksinkertaisen siirtonopeuden takana on siirtyminen GFSK-moduloinnista (Gaussian Frequency-Shift Keying) DQPSK-modulointiin (Differential Quadrature Phase Shift Keying). DQPSK-moduloinnissa yksi symboli sisältää neljä tilaa, eli yksittäinen symboli siirtää $\log_2(4) = 2$ bittiä. Kolminkertaiseen siirtonopeuteen

taas päästään 8DPSK-moduloinnilla, joka taas ilmaisee 8 tilaa per symboli ($\log_2(8) = 3$). Kuitenkin 8DPSK on herkkä ulkoisille häiriöille, koska se ei käytä redundanssia. Tästä syystä menetelmää käytetäänkin vain paikoissa, jossa yhteys on riittävän hyvä. Uusien laitteiden tulee tukea ainakin 2 Mbit/s. (Grandlund 2007, 339; Bluetooth Resource Center Contents 2008.)

4.7 Suojaus

On olemassa 3 suojausmuotoa: ei suojattu, palvelutason vahvistettu suojaus sekä yhdistystason vahvistettu suojaus (Security 2008).

Valmistajalla on pääasiallinen oikeus määrittää nämä suojaustasot. Laitteilla ja palveluillakin on eriävät turvallisuustasot. Laitteilla on kaksi tasoa joko luotettu- tai ei luotettu-laite. Luotettu laite on linkitetty entuudestaan toiseen laitteeseen ja näin ollen se voi käyttää rajattomasti tämän tarjoamia palveluita. (Security 2008; Haapaja J. 2004.)

Palveluilla on kolme eri tasoa. Ensimmäinen taso vaatii laitteen ja palvelun tunnistuksen. Toinen taso vaatii vain palvelun tunnistuksen. Kolmas taso on vapaa kaikille. (Security 2008.)

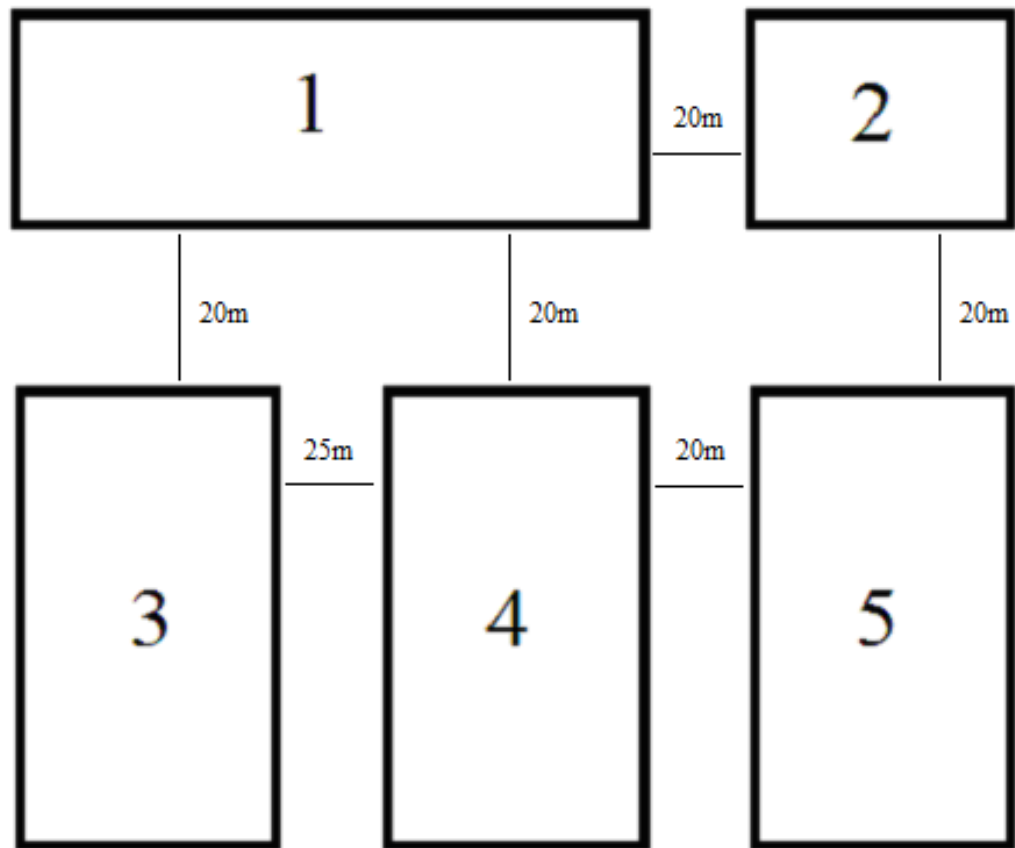
5 KUVITTEELLINEN YRITYS

Voidakseni teoriassa osoittaa Bluetoothin toimivuuden yrityksen tiedonjakelukanavana, on luotava puitteet, jossa tätä käytettäisiin.

Koeympäristö perustuu omiin havaintoihini työelämässä. Ideat ja puitteet ovat olleet esillä niin ollessani myymälä- kuin varastossa työssä. Koeympäristö on siis näin ollen täysin kuvitteellinen, mutta samalla mielestäni realistinen.

Koeympäristökseni olen valinnut yrityksen, jolla on teollisuushalleja pihallaan. Heidän asiakkaansa ovat lähinnä yritykset ja urakoitsijat. Yritys toimittaa tuotteensa yleensä asiakkaalle haluttuun osoitteeseen.

Yrityksellä on 5 rakennusta, joista 3 on kylmävarastoja kuviossa 8 numerot: 3, 4 ja 5, joiden koko on noin 50metriä x 20metriä. Päärakennus (30m x 50m) sijaitsee kylmävarastojen edessä numero 1. Varasto- ja kuljetusrakennus (30m x 30m) numero 2 sijaitsee päärakennuksen oikealla puolella. Yrityksellä on entuudestaan käytössä serveri, joka sijaitsee päärakennuksessa, sekä useampi alityöpiste. Nämä alityöpisteet karsitaan päärakennusta lukuun ottamatta kahteen kappaleeseen, koska kämmenmikrot tuovat langattomasti samat palvelut saataville kuin kiinteät työpisteet. 25m



Kuvio 8

Päärakennus toimii tämän lisäksi myymälänä. Yritysassiakkaat tulevat yleensä ostamaan tuotteita suoraa kirjauttamalla ne ylös, jonka jälkeen nämä tuotteet toimitetaan asiakkaalle haluttuun osoitteeseen.

Tätä helpottaakseen he ovat päättäneet hankkia 16 kämmentietokonetta, joihin voidaan kirjata asiakkaiden haluamat tuotteet ja toimitusosoite.

Tämän lisäksi yrityksen käyttöön on otettu varaston kirjaamista helpottamaan kämmenmikroja, joihin tieto tallennetaan väliaikaisesti. Tiedot siirretään kirjauksen päätyttyä koneelle kämmenmikrolta manuaalisesti.

Nyt langattomien verkkojen yleistyttyä, projektiksi saadaan ympäristön täydellinen muutos langattomaksi. Tarkoituksena on poistaa turhat manuaaliset kirjaukset tapahtuman jälkeen. Työssäni pureudun tähän tulevaan valintaprosessiin, jossa

toteamme Bluetoothin toimivuuden verrattuna vastaaviin teknologioihin, kuten WLAN.

Tulevissa kappaleissa kuvaan koeympäristön tarpeita ja vaatimuksia näkökulmana asiakas, myyntineuvottelija sekä varasto/kuljetus. Perustellen samalla minkä takia langatonta verkkoa tulisi käyttää kyseisessä ympäristössä.

Keräsin työpaikallani olevia yleisiä tilanteita, sekä isomman myymälän tuomia kuvitteellisia tarve tilanteita näihin kappaleisiin. Esitetyt väitteet ovat siis kuvitteellisia ja perustuvat havaintoihini. Tämän lisäksi olen lainannut ideoita Puska Matilta kirjasta Langattomat lähiverkot.(Puska 2005, 18-21.)

5.1 Asiakkaan tarpeet ja ratkaisut

Tähän asti asiakas on joutunut liikkeessä turvautumaan aina myyntineuvottelijan ylöskirjaukseen tuotteiden kohdalla. Tämän takia halutaan luoda ympäristö, jossa asiakkaan ei tarvitsisi aina olla yhteydessä myyntineuvottelijaan. Ratkaisuna on langaton kämmenmikro, jossa on yhteys servereihin.

Asiakkaalla tulisi olla mahdollisuus saada käyttöönsä kämmentietokone, jonka avulla hän voisi tarkastella tuotteiden saldoja, tuotetietoja sekä tämänhetkistä hintaa. Asiakkaalla olisi näin ollen käytössään reaaliaikainen tieto paitsi kaikista tuotteista, joita myymälässä on myytävänä, myös niistä tavaroista, joita ei hyllyssä tällä hetkellä ole saatavilla.

Kämmentietokoneessa tulisi myös olla mahdollisuus saada myyntihenkilön apua jonkin tuotteen luo, mikäli kämmentietokone ei hänelle pysty kertomaan tarvittavaa informaatioita. Kämmentietokoneeseen lisätään tätä varten kutsuntapainike, jolloin myyntihenkilö tulee kyseisen tuotteen luo neuvomaan asiakasta hankinnassa. Tämä helpottaa mm. televisioiden valintaa.

Asiakkaan tulisi myös saada tilata tuotteet haluamaansa osoitteeseen ilman erillistä myyntineuvottelijan kirjausta. Tämä mahdollistettaisiin asiakasnumerolla ja

salasanalla tiskillä, jossa kämmentietokoneet luovutetaan asiakkaalle. Tilaus tapahtuisi käytännössä sähköpostitse suoraan myyntihenkilön postiin tai suoralla kirjauksella järjestelmään.

Kämmentietokoneessa pitäisi olla ominaisuus myös tarjouksen pyytämistä varten. Tämä tarkoittaa niin sanottua tarjouspyyntöä jostain tuotteesta, joka lähetetään asiakkaalle sähköpostiin tietyn aikarajan puitteissa. Tätä varten kämmentietokoneeseen tultaisiin lisäämään erillinen tilaus- ja tarjouskohta, jolla helpotettaisiin taas kummankin osapuolen työtä.

Tarkoituksena olisi saada asiakkaalle helppo ja nopea käynti liikkeessä, sekä tarvittaessa myyntineuvottelijan avustusta. Vakituiset asiakkaat ovat päähyötyjäryhmä.

5.2 Varaston ja kuljetuksen tarpeet ja ratkaisut

Työtäni tehdessä moni asia tehtiin varaston puolella turhaan useampaan kertaan. Tästä syystä kämmentietokone parantaa montaa asiaa jo pelkän ajan puitteissa.

Pääserverin ollessa yhteydessä suoraan kämmentietokoneeseen, saadaan mahdollisuus kirjata kaikki saapuvat lähetykset suoraan ovelta varastohallintasovellukseen. Tämän lisäksi kämmentietokoneen tulisi mahdollistaa reaaliaikainen inventaario missä vain yrityksen alueella.

Kuljetuksen työtä kämmentietokone ei niinkään hyödyttäisi. Langaton yhteys kuitenkin mahdollistaa nopean kuljetuksen, koska se jättää turhat välikädet pois, jolloin tieto siirtyy suoraan varastontietokannasta kuljettajan kämmentietokoneeseen. Tällä saavutetaan nopeampi kuljetus asiakkaan luo.

Parhaimmassa tilanteessa asiakas asettaa tilauksensa järjestelmään, jolloin se samalla siirtyy suoraan kuljettajan toimituslistalle, josta tuotteet kerätään sisään ja toimitetaan. Tällöin tuotteet voisivat olla asiakkaan osoitteessa heti hänen saavuttuaan paikalle.

Varaston/kuljetuksen hyöty onkin turhien manuaalisten kirjauksien poisjääminen. Tällä voitaisiin saada myös henkilökuntasäästöjä aikaiseksi nopeamman kirjauksen myötä.

5.3 Myyntineuvottelijoiden tarpeet ja ratkaisut

Mahdollisuus liikkuvan työasemaan tuo myyntineuvottelijalle mahdollisuuden toimia mistäpäin tahansa liikettä. Tällä taataan aina saatavilla oleva tieto. (Puska M. 2005, 18.)

Asiakaspalvelijoiden määrää voidaan pienentää, koska asiakkaalla on mahdollisuus kutsua asiakaspalvelija suoraan tuotteen luo, mikäli he tarvitsevat lisätietoa tavarasta. Tietoa joka ei sisälly kämmentietokoneen informaatiokategoriaan.

Myyntineuvottelija tarvitsee kämmentietokoneeseen myös työkaluna niiden asiakkaiden kanssa, jotka eivät kuulu vakioasiakkaisiin. Näin ollen saadaan myyntityötä haittaava saldojen, hintatietojen ja muiden vastaavien tietojen tarkastelu lähemmäs asiakasta.

Kämmentietokoneesta pystytään myös antamaan alennuksia suoraan asiakkaan tekemään tilaukseen, mikäli tahdotaan antaa jostain tuotteesta niin sanottu päivän alennus.

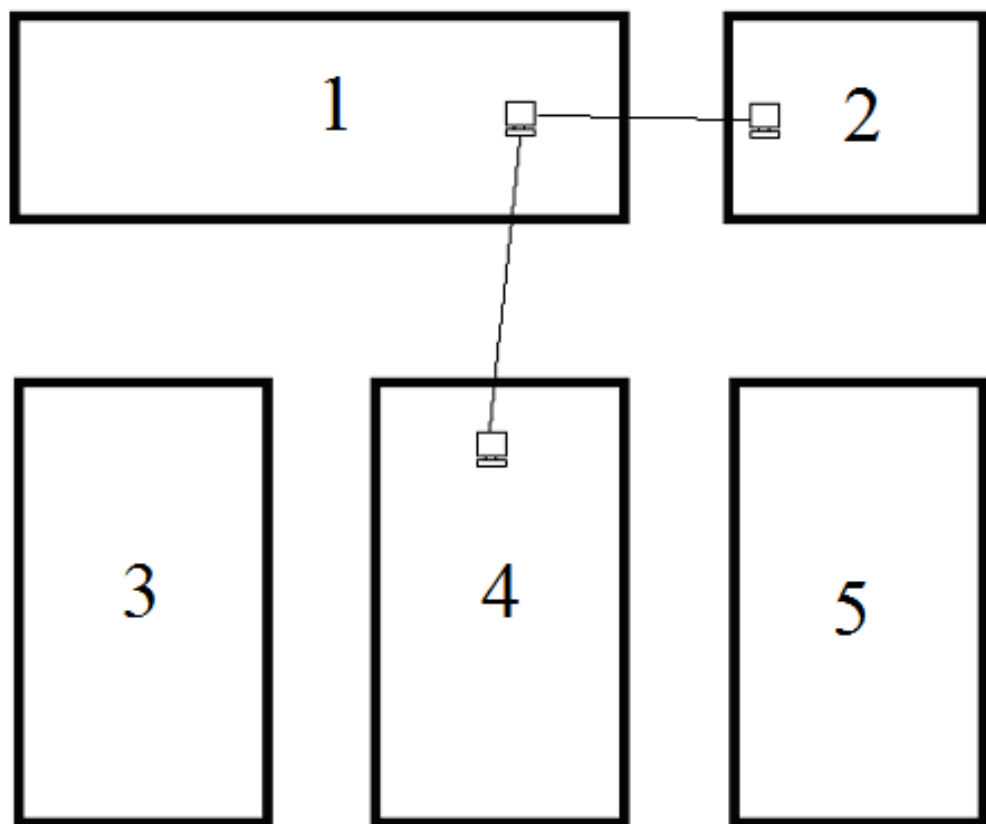
Kämmentietokoneen avulla pystytään myös seuraamaan asiakkaan mielenkiinnonkohteita, koska siinä on mahdollisuus kerätä tarvittavat hakutiedot ylös. Täten voidaan seurata asiakkaan kyselyn kohteita. Voidaan siis sanoa että se on jopa markkinointityökaluna neuvottelijoille.

Työkaluna kämmentietokone myös vapauttaa myyntineuvottelijan täydellisestä tietämyksestä, koska hän voi suoraan tietokannasta tarkistuttaa tuotteen tiedot ja jopa luoda omia kommenttejaan tuotteeseen. Langaton yhteys tuo mahdollisuuden lähettää kämmentietokoneella sähköpostia asiakkaalle, juuri silloin kun asia on ajankoh-

tainen. Tarkoituksena onkin rakentaa työkalu, joka helpottaa sekä nopeuttaa myyntiprosessia huomattavasti.

6 BLUETOOTH-KOEVERKKO

Pyrin hahmottelemaan toimintaperiaatteen, jolla langaton verkko tultaisiin rakentamaan yrityksen alueelle. Päärakennuksessa sijaitsee serverit, joten tarvitsemme sieltä suoran yhteyden langallisesti varastoon sekä ulkorakennukseen. Varastossa sekä ulkorakennuksessa toimii kummassakin serverin kanssa synkronoitu väliserveri. Näistä väliserveistä yhdistetään tarvittavat Bluetooth-verkot kiinni toisiinsa. Katso kuvio 9.

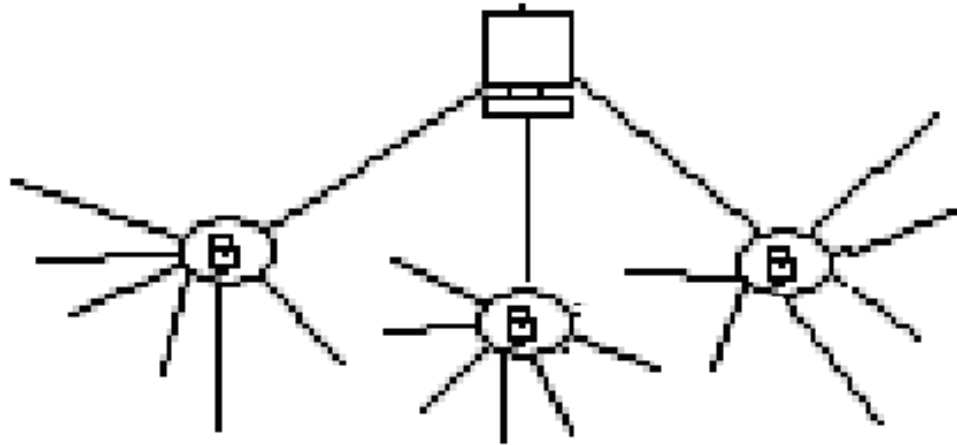


Kuvio 9

6.1 Perusverkot rakennuksissa

Rakennuksissa 1 ja 2 sijaitsevat perusverkot, joihin voidaan kytkeä 18 laitetta ja haluttaessa näitä verkkoja voidaan kasvattaa. Perusverkolla tarkoitan kolmen Bluetooth-tukiaseman tekemää pikoverkkoa, jossa jokainen laitteista on kytketty-

nä isäntäkoneeseen sallien näin 6 lisälaitteen kytkeytymisen verkkoon. Katso kuvio 10.



Kuvio 10

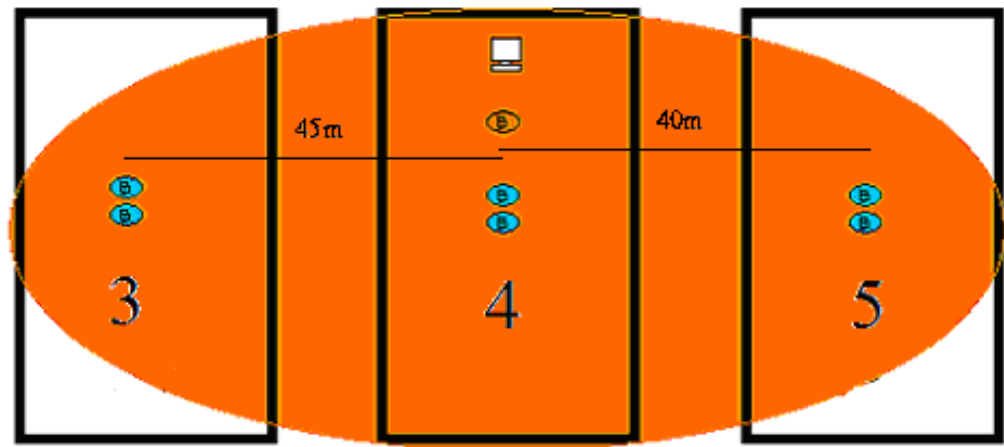
Kumpikin verkoista, sekä rakennuksessa 1 että 2 on säädetty toimivaan vain omalla toimialueellaan, mutta siellä varmasti. Nämä laitteet ovatkin suorassa virrassa, joten niissä ei ole tarvetta akunkeston takia muuntaa toimivuussädetä.

Jokainen Bluetooth-asema toimii vierekkäin, mutta ne on ennalta määritelty etsimään tiettyjä laitteita, joten kämmenmikrot löytävät välittömästi oikean pikoverkon. Verkkojen määrää voidaan lisätä, mikäli tähän nähdään tarvetta.

6.2 Kylmävaraston pikoverkko

Kylmävarastojen verkotukseen on käytössä vain yksi kone, jolla tullaan kytkemään kaikki kämmentietokoneet kylmävarastoalueella suoraan palvelimeen. Tietokone sijaitsee rakennuksessa neljä. Tietokoneeseen tullaan kytkemään Bluetooth-verkonjakaja, joka jakaa verkkonsa kuuteen pisteeseen. Nämä kuusi pistettä on sijoitettu 3-, 4- ja 5-rakennukseen, jolloin niitä on kaksi jokaisessa rakennuksessa.

Pääverkkoa jakava Bluetooth olisi kantamaltaan täydet 100 metriä, jonka sisään kaikki sijaisjakajat ovat sijoitettu. Katso kuvio 11.

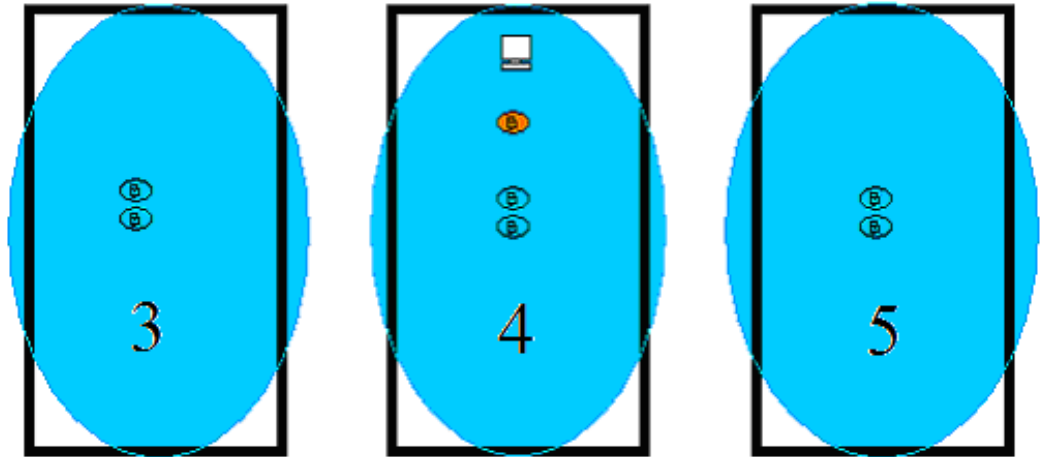


Kuvio 11

Tämä mahdollistaa pikoverkon jatkamisen sinisillä merkatuista tukiasemista kuudelle ylimääräiselle Bluetooth-laitteelle, joten jokaisessa rakennuksessa voidaan käyttää kerralla 12 Bluetooth-laitetta.

Mikäli kämmenmikrojen lukumäärä kasvaa huomattavasti, voidaan rinnalle rakentaa täysin identtinen verkosto, jolloin saadaan aikaiseksi saumaton 24 laitteen verkko rakennusta kohden.

Verkkoa jakavat Bluetooth-laitteet on laitettu toimimaan 50 metrin etäisyydellä, jolloin ne peittäisivät koko varastotilan, mutteivät kuitenkaan läpäise kahta seinää mennen toisen Bluetooth-jakajan alueelle.



Kuvio 12

Laitteet pystyvät tunnistamaan juuri tietyt kämmenmikrot, joten on määrätty etukäteen mihin laitteeseen mikäkin kämmenmikro yhdistää.

6.3 Lisämahdollisuudet

Bluetooth tuo tämän lisäksi useita muitakin mahdollisuuksia sen halvan lähettimen avulla. Sen avulla voidaan mm. rakennuttaa väliaikaisia mainoslähettimiä ympäri liikettä. Lähettimet lähettävät halutulle alueelle 1-10 metriin sanomaa, joka ilmestyy asiakkaan kämmenmikroon. Tällöin saadaan vaikkapa päivän erikoishinta kaikkien nähtäville.

Voitaisiin myös rakentaa verkko, jonka avulla asiakas pystyy suunnistamaan liikkeessä kämmenmikron opastuksella. Tämä vaatisi kuitenkin useamman Bluetooth-sovittimen asentamisen ympäri liikettä.

Bluetooth-yhteys mahdollistaa myös tarjouksen jättämisen suoraan asiakkaan puhelimeen, mikäli se on varustettu Bluetoothilla. Tällöin asiakkaan ei tarvitse kantaa turhia esitteitä, vaan kaikki olisi tallessa hänen puhelimensa muistilla.

Sisäverkko tarjoaa myös kommunikointi mahdollisuuden. Täten voitaisiin kutsua tietty myyntineuvottelija tai vartija tarvittaessa paikanpäälle.

Videovalvontaa voitaisiin myös harkita käytettäväksi Bluetooth verkon avulla. Tällöin saataisiin kaikki yrityksen alueet saumattomasti peitettyä. Mahdollistaa kameran paikkoihin joissa normaalisti verkkojohtojen vedon takia ei päästäisi.

6.4 Koeverkon yhteenveto

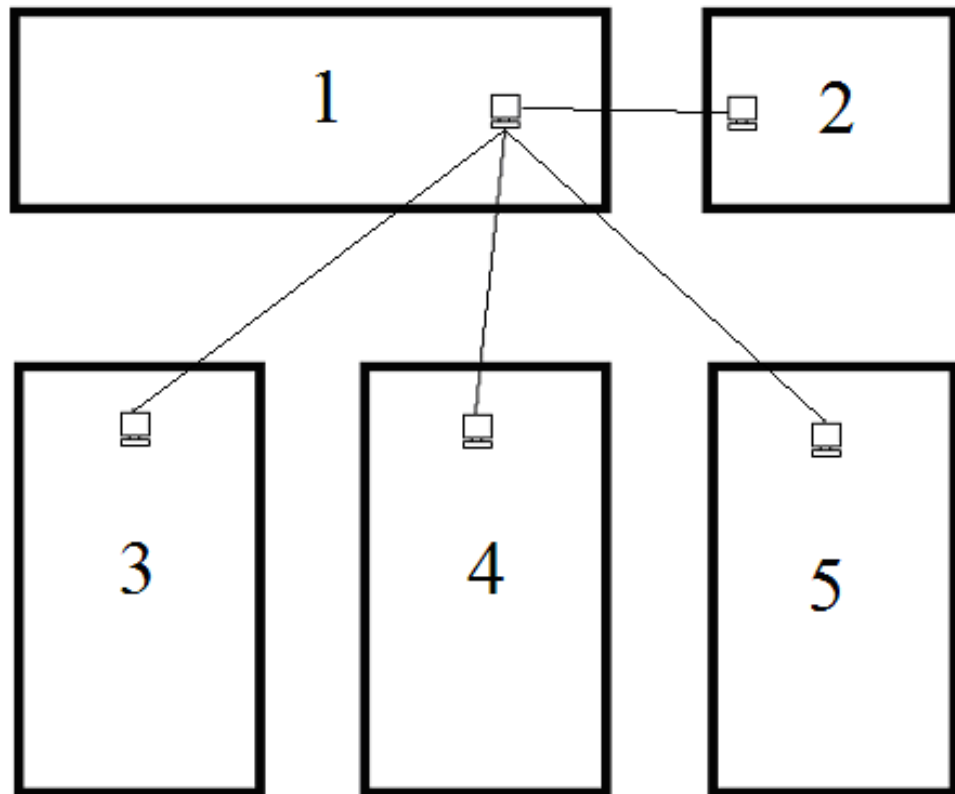
Teoriassa tällainen koeverkko olisi realistisesti toteutettavissa, kuitenkin Bluetoothin parhaimmat puolet tulevat esille lyhyenkantaman pienverkoissa.

Teorian mukaan pikoverkkojen laajentuessa useampaan isäntään, mahdollisuus tiedon häviämiseen matkalle lisääntyy. Tämä on kuitenkin riippuvainen laitteiden valmistajasta. SIG-alkuperäisjäsenten tuottamat Bluetooth-sovittimet ovat huomattavasti muiden sovittimia edellä ja ne pystyvätkin toimimaan WLAN-verkonkin yhteydessä ilman häiriöitä.

Näin ollen tulisi ottaa selkoa käytetyistä sovittimista ennen verkon rakentamista. Tämän lisäksi tutkittava vallitsevat olosuhteet, kuten seinien rakenteet ja etäisyydet.

Mikäli tahdottaisiin toimiva verkko, tulisi jokaisessa hallissa olla tietokone, joka käsittelee Bluetooth verkkoa juuri sillä alueella. Tällöin olisi useita pien pikoverkkoja takaamassa häiriöiden poistamisen. Tämänlaista toimenpidettä ei tarvittaisi WLAN-verkossa, koska sen kantavuus on huomattavasti pidempi.

Kustannussyistä yritys luultavasti kuitenkin tahtoisu alustavasti lähteä liikenteseen vain yhdellä tietokoneella kylmävarastoissa. Kuvion 13 osoittama verkko olisi kuitenkin kaikista vakain kuluttajan kannalta.



Kuvio 13

Teoriassa on siis mahdollista luoda ja toteuttaa Bluetooth-verkko näinkin suureen yritykseen, on kuitenkin todettava, että se toimisi parhaiten jos alueet jaetaan rakennuskohtaisesti.

Johtuen Bluetoothin säädettävästä kantamasta on ulkopuolisten henkilöiden verkkoon tunkeutuminen hyvin vaikeaa, koska verkko ei kantaudu rajojen ulkopuolelle. Tämän lisäksi voitaisiin käyttää Bluetoothin tarjoamaan luotettua verkkoa, jossa laitteet on paritettu etukäteen eikä ne etsi muita laitteita alueelta. Tähän kun lisätään nopea kanavan vaihtuvuus, on lähes mahdotonta tunkeutua Bluetoothin tuomaan verkkoon. Tämä kun taas olisi helpompaa WLAN-verkon puitteissa.

7 BLUETOOTH VASTAAN MUUT

Todistettuani laitteiston pystyvän teoriassa kattamaan alueen. Tahtoisin esittää näkemyksiä siitä, minkä takia se olisi parempi vaihtoehto muihin langattomiin verkkoihin nähden sekä missä se häviää muille.

7.1 Taajuuskaistan ongelmat

Bluetooth-taajuusalueella liikennöi monia muita laitteita, muun muassa WLAN-laitteet, mikroaaltouunit, murto- ja palohälyttimet sekä sisäpuhelimet. Osalle Bluetooth-laitteista nämä aiheuttavat häiriötä lähetykseen, mutta tästä syystä tulisi valita näiltä suojattuja verkkoja.

Bluetoothin toimivuutta häiritsee myös ehkä yksi sitä eniten suojaavista ominaisuuksista, eli taajuushyppely. WLAN vaihtaa taajuuttaan vain noin muutaman kerran sekunnissa kun taas Bluetooth taajuushyppelee yli 1000 kertaa sekunnissa.

7.2 Hyödyt muihin tekniikoihin nähden

Bluetooth on verkkoon kirjautumisessa huomattavasti nopeampi kuin WLAN, joten useampaa lähetintä voidaan käyttää eripuolilla rakennusta. Tämä mahdollistaa hetkellisten ja paikkakohtaisten tarjouksien lähettämisen vain tietyllä alueella suoraan käyttäjän laitteeseen.

Nopean toiminnan esteenä on Bluetooth-laitteen yhteensopivuus vain kahteen verkkoon samanaikaisesti. Tästä syystä tulee tarkkaan harkita asemien sijainnit, jotta kämmentietokone voi vastaanottaa sen lähettämän signaalin. Toisaalta muilla langattomilla tekniikoilla ei ole mahdollista normaalitilassa kuulua kahteen verkkoon, joten tämä haitta on oikeastaan etu muihin kilpailijoihin nähden.

Yksi suurimmista syistä Bluetoothin hyödyllisyyteen kannettavissa laitteissa on sen virrankulutus. Samasta syystä kuin Bluetooth on valittu suurimman osan matkapuhelin valmistajien laitteiden väliseksi yhteydeksi. Bluetoothin virrankulutus

on jopa viidesosa Wi-Fi-verkon virrankulutuksesta. Tämä takaa pitkät akunkestot sekä huomattavat säästöt sähkölaskussa. (Low Energy 2008.)

Bluetoothin lisääminen laitteeseen tai lähettimen osto on huomattavasti halvempi vaihtoehto kuin vastaavien muiden laitteiden käyttö. Puhutaan jopa 500 % hintaheitoista muihin valmistettuihin tuotteisiin. Bluetooth-siru maksaa tällä hetkellä vain kolme dollaria kappaleelta. (Compare with other technologies 2008.)

Bluetooth saa aikaiseksi ilman IP:tä toimivan verkon nopeasti ja sen suojaus on mm. WLAN verkkoa huomattavasti parempi. Bluetooth on mahdollista kytkeä normaaliin verkkoon ja se osaakin yhdistää mm. TCP/IP yhteydet. Bluetooth takaa siis vakaan vakioverkon, joka on hyvin suojattu: verkko pystytään piilottamaan täysin ulkopuoliselta laitteelta. Näin ollen vain synkronoidut tuotteet pääsevät käsiksi verkon jakamiin resursseihin.

Bluetooth on yksi monipuolisimmista laitteista, mitä tulee liitettävyyteen. Se tukee useita eri protokollia. Esimerkiksi: vCard/vCalendar, WAE, OBEX, WAP, AT-Commands, UDP/TCP, IP, PPP, RFCOMM, SDP, TCS, L2CAP, AUDIO, LMP ja Baseband. (Wiki 2008.)

Toisin kuin suuressa osassa muita laitteita, luokan 1 ja 2 lähettimissä on mahdollisuus vaikuttaa niiden toiminta-alueeseen suoraan säätämällä niiden tehoa. Tällä mahdollistetaan sen toimivuus vain tietyllä alueella. Tämä vaikeuttaa huomattavasti mm. hakkereiden tai muiden kiusantekijöiden toimintaa, koska heidän tulee olla alueella päästäkseen verkkoon käsiksi. Tämän lisäksi jatkuva taajuushyppely tuo huomattavan turvan yhteydelle, koska laitteen löytäminen vaatii taajuuden selvittämisen. Taajuuden kuitenkin vaihtuessa yli tuhat kertaa sekunnissa, ei sen paikantaminen tule olemaan helppoa.

Ainoana haastajana Bluetoothille löysin WLAN-verkon, joka kykenee pidempään kantamaan sekä suurempaan pikoverkkoon. Toisaalta se langattomuudessaan voitti kilpailijansa infrapuna-tekniikan mm. pelkällä esineidenläpäisykyvyllään.

7.3 Haitat muihin tekniikoihin nähden

Bluetoothin tiheästä taajuusvaihtelusta johtuen se on herkkä muiden samalla taajuudella toimivien laitteiden lähetyksille. WLAN vaihtaa taajuutta vain muutaman kerran sekunnissa kun taas Bluetooth vaihtaa yli tuhat kertaa. Tällaisessa tapauksessa osa paketeista voi kadota tai lähetyalueet pienentyä esim. 100 metristä 70 metriin, joka aiheuttaisi käyttökatkoksia laitteissa. Kuitenkin tämä on estettävissä oikeiden laitteiden valinnalla.

Bluetoothin heikkoutena voidaan myös mainita sen nopeus, joka yltää maksimissaankin vain 3Mbit/s. Tällä kyllä saavutetaan haluttu siirto nopeasti kahden laitteen pikoverkossa, mutta pikoverkon kasvaessa kahdeksaan laitteeseen, voivat odotusajat pidentyä huomattavasti.

Bluetoothin rajoitettu pituus 100 metriin on yksi ongelmista. Tämä on kuitenkin Bluetoothille tarkoituksen mukaista, koska se on luotu pienverkoksi. Potentiaaliahan verkolla olisi vaikka mihin, mikäli se kykenisi WLAN metrilukemiin.

Haittatekijänä voidaan myös mainita se, että suurin osa markkinoilla olevista tuotteista omaa vain luokan 2 sovittimen, jolloin ei päästä kuin 10 metrin etäisyyksiin. Laitteisiin tarvitsisi erikseen asentaa Bluetooth-sovittimet pidempää matkaa varten. Tosin sovittimien halpuuden vuoksi tämä tuskin olisi ongelma.

Mikäli verkko kasvaisi merkittävästi esimerkiksi 100 kämmenmikroon, voisi useampi päällekkäinen verkko sekoittaa toisiaan. Verrattuna WLAN-toteutukseen, joka voisi toimia yhden isännän alta.

8 YHTEENVETO

Tarkoitukseni oli kartoittaa teoriassa Bluetoothin mahdollisuuksia yrityksen hyötytyökaluna. Tästä syystä rakensin koeympäristökseen keskikokoisen metallialan yrityksen. Oletuksena pidin, että yritys omasi jo kämmentietokoneita kirjaimista varten, mutta kaikki tiedonsiirto tapahtuisi vielä langallisesti.

Yrityksellä on 5 rakennusta, joista 4 sisältää asiakkaiden haluamia tuotteita, viimeisen rakennuksen ollessa varasto- ja kuljetushalli. Yrityksen asiakkaat ovat lähinnä pienyritykset ja urakoitsijat. Tarkoituksena oli luoda tähän ympäristöön toimiva langatonverkko, joka helpottaisi ja nopeuttaisi normaaleja toimenpiteitä.

Bluetoothin kantamat riittivätkin varsin mainiosti tämän alueen peittämiseen ja teoriassa se olisi hyötytyökalu kaikkiin esitettyihin vaateisiin. Tämän lisäksi se kykenisi tuomaan myös uusia asioita yrityksen saataville.

Bluetooth pikoverkon rajoittuessa 8 laitteeseen, jouduttaisiin kuitenkin ohjelmallisesti hallitsemaan useampaa verkkoa kerralla. Tämä kuitenkin voisi aiheuttaa tiedonkatoamista matkalla, mikäli useampi verkko olisi kytkettynä toisiinsa. Tämä tosin on korjattavissa useammalla lähetys tietokoneella, jolloin ei tarvitse yhdistää niin montaa pikoverkkoa keskenään.

Totesin myös Bluetoothin turvalliseksi salauksiensa kannalta, mikäli käytetään viimeisimpiä tekniikoita hyväkseen. Bluetoothin taajuushyppely ja useampi salausmuoto takaisivat vaikean pääsyn vain 70 metrin kantavuudella olevaan verkkoon. Kun taas WLAN kantavuudellaan ja hitaalla taajuusvaihtelullaan antaisi tähän mahdollisuuden.

Tärkeimpänä ominaisuutena Bluetoothille oli kuitenkin sen huomattava energiasäästö muihin toimiviin vaihtoehtoihin verrattuna. Wi-Fi käytti lähes 500 % enemmän sähköä kuin Bluetooth-siru, joten ei pelkästään 3 dollarin sirun hinta vaan myös käyttöhintakin on huomattavasti Wi-Fi:ä alhaisempi. Tämä myös takaisi pidemmät akunkestot kämmentietokoneisiin.

Bluetooth-verkkoa voidaan hyödyntää lyhyen kantaman eli noin 70 metrin säteellä toisistaan sijaitsevilla pisteillä. Tämänlaisia toteutuksia onkin jo käytössä mm. Arabian-ostoskeskuksessa. Tosin kierrellessäni ja kysellessäni yrityksiltä huomasin, että koeympäristöni on suhteellisen realistinen siihen nähden mikä on useassa paikassa tällä hetkellä käytössä ilman langattomuutta, joten työni olisi sovellettavissa heidän järjestelmiinsä lähes saumattomasti.

Bluetooth on siis toimiva yrityksen työkalu teoriassa, joten toivottavasti tämä työ helpottaisi sen käyttöön ottoa myös laajemmissa verkkokokonaisuuksissa, ei vain kahden laitteen välisissä yhteyksissä.

Bluetooth pystyy myös hallitsemaan kamera valvontaa liikkeessä sekä mainontaa, joten se soveltuisi myös kauppakeskusten käyttöön.

Loppupäätöksenä tulinkin siihen tulokseen, että Bluetooth on täysin toimiva verkkoratkaisu yrityksille joilla on laajavalikoima tuotteita eikä aina mahdollisuutta seurata asiakastaan ympäri halleja. Bluetooth helpottaisi huomattavasti myös sisäisiä toimenpiteitä yrityksessä, kuten varastonkirjausta ja inventaariota.

Opinnäytetyöni seuraava askel olisikin toteuttaa tämä kaikki todellisuudessa, jolloin saataisiin materiaalia ohjelmistojen yhteensopivuuden sekä hallintatyökalujen ja Bluetooth-laitteiden valikoimien muodossa.

Teoriassa tämä siis on mahdollista ja tutkimusten perusteella tähän olisi myös tarvetta, jopa paikoissa jossa ei vielä ole kämmentietokoneet käytössä. Harppaus ei sinällään olisi suuri langattomien käyttöön langallisesta, mutta hyödyt olisivat edellä mainitut.

Lähteet

- Aalto A. 1999. Teknillinen Korkeakoulu. Bluetooth. [viitattu 20.09.2008]. Saatavissa: <http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Essays/bluetooth.html>
- Architecture-Baseband. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa: http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/Architecture_Baseband.htm
- Architecture – Radio. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa: http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/Architecture_Radio.htm
- Bluetooth. 2008. SIG. [viitattu 23.08.2008]. Saatavissa: <http://www.bluetooth.com/bluetooth/>
- Bluetooth Resource Center Contents. 2008. PaloWireless [viitattu 25.10.2008]. Saatavilla: <http://www.palowireless.com/bluetooth/>
- Compare with other technologies. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa: <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/Compare/>
- Core specification v.2.1+EDR. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa: <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Building/Specifications/>
- Core system architecture. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa: http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/Core_System_Architecture.htm
- Granlund Kaj, P. 2007, Tietoliikenne, 1 painos. Porvoo: WS Bookwell.
- Haapaja J. 2004. Bluetooth – teoriaa ja käytäntöä. Turku: Turun kaupungin painatuspalvelut.

Low Energy. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa:

http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Products/Low_Energy.htm

Puska M. 2005. Langattomat lähiverkot. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Security. 2008. Bluetooth. SIG [viitattu 31.10.2008]. Saatavissa:

<http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/Security/>

2008. Wiki. [viitattu 23.08.2008]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

LIITTEET