

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tutkintotyö

Arto Mäkinen

ZIGBEE-STANDARDI, TEXAS INSTRUMENTS CC2520DK -KEHITYSALUSTA
JA LANGATON MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄ

Työn ohjaaja: lehtori Kaj Sundström
Tampere 2009

Tekijä:	Arto Mäkinen
Työn nimi:	ZigBee-standardi, Texas CC2520DK -kehitysalusta ja langaton moottorinohjausjärjestelmä
Päivämäärä:	1.6. 2009
Työn laajuus:	21 sivua
Avainsanat:	ZigBee, TI CC2520DK, moottorinohjaus
Koulutusohjelma:	Tietotekniikka
Suuntautuminen:	Tietoliikennetekniikka
Työn ohjaaja:	lehtori Kaj Sundström, Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

ZigBee pohjautuu IEEE 802.15.4:n mukaiseen langattomaan standardiin. ZigBeen myötä verkkoon on lisätty ominaisuuksia ja toiminnallisuutta on parannettu. Kyseessä on lyhyen matkan langaton verkko, jonka tavoitteena on verkossa toimivien laitteiden pieni lähetysteho ja virrankulutus.

Texas Instruments on valmistanut kehitysalustan joka perustuu saman valmistajan CC2520-mikropiiriin. Paketti sisältää moduuleita joiden avulla voidaan tehdä erilaisia verkkoja, testata ulkoisten laitteiden ohjausta ja analysoida verkon toimintaa.

Toteutimme koulun tiloissa keväällä 2009 projektin, jonka tarkoituksena oli ohjata sähkömoottoria langattomasti kontrollerin ja päätelaitteen avulla. Idea työhön tuli Meshworks Wireless Oy:ltä, joka antoi muutamia ideoita opiskelijoiden tutkittavaksi. Texasin kehitysalustalle koodi kirjoitettiin C-kielellä. Päätelaitteella ohjattiin taajuusmuuttajaa haluttujen kriteerien mukaisesti.

Author: Arto Mäkinen
Work label: ZigBee standard, Texas Instruments CC2520DK and
wireless motor control
Date: 1.6. 2009
Number of pages: 21
Keywords: ZigBee, TI CC2520DK, motor control
Education programme: Information technology
Line: Telecommunications technology
Thesis supervisor: lecturer Kaj Sundström, Tampere University of Applied
Sciences

ABSTRACT

ZigBee is based on the IEEE 802.15.4 standard for wireless networks. Along with ZigBee, the standard has had changes made to it and features have been added to improve its functionality. It is a short range wireless network which is used to achieve low transmit power and low power consumption.

Texas Instruments has released a development kit which is based on the manufacturers own CC2520 IC. The kit includes modules for building different types of networks, testing external components and analyzing the networks features.

In spring 2009 we carried out a project which goal was to make a wireless motor control system using a controller and an end device. Idea for the project came from Meshworks Wireless Oy which gave a few ideas for the students to work on. Code for the Texas development kit was written in C. With the controller and end device the frequency converter was controlled according to the wanted criteria.

Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikka

Arto Mäkinen

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehdon insinöörityönä.

Kiitän kaikkia muita projektissa mukana olleita sekä opettajia, jotka ovat neuvoneet minua työn edetessä.

Tämä työ ei ole salainen.

Tampereella 1.6.2009

Arto Mäkinen

SISÄLLYS

KÄYTETYT MERKINNÄT	vii
1 JOHDANTO	1
2 YLEISTÄ ZIGBEE:STA	1
2.1 ZIGBEE:N VERKKOTOPOLOGIAT JA REITITYS.....	4
2.1.1 TÄHTIMÄINEN VERKKO.....	4
2.1.2 PUUMAINEN VERKKO	5
2.1.3 SILMUKKAVERKKO (MESH).....	6
2.2 ZIGBEE:N PROTOKOLLAPINO.....	7
2.2.1 FYYSSINEN KERROS (PHY).....	8
2.2.2 LINKKIKERROS (MAC-KERROS)	8
2.2.3 VERKKOKERROS (NWK).....	9
2.2.4 SOVELLUS-ALIKERROS (APS)	10
2.2.5 SOVELLUSKERROS (APL).....	10
2.3 LIIKENNÖINTI.....	10
2.3.1 CSMA-CA-TEKNIikka.....	11
2.3.2 VASTAANOTETUN VIESTIN KUITTAUS.....	11
2.3.3 VAIHTOEHTOISEN REITIN VALINTA	11
3 TI CC2520DK-KEHITYSALUSTA	12
3.1 CC2520DK:N KOMPONENTIT	12
3.1.1 SMARTRF05EB-PIIRILEVY.....	14
3.1.2 CCMSP-EM430F2618-MIKROKONTROLLERIMODUULI.....	15

3.1.3 CC2520EM-MODUULI	15
3.1.4 MSP-FET430UIF-TESTAUSLIITYNTÄLAITE	15
3.1.5 DAINTREE SENSOR NETWORK ANALYZER-OHJELMA.....	16
3.1.6 SMARTRF STUDIO-OHJELMA	16
4 LANGATON MOOTTORINOHJAUS ZIGBEE:N AVULLA	17
4.1 MOOTTORINOHJAUKSEN KYTKENTÄ	17
4.2. RELEOHJAUSKYTKENTÄ.....	19
YHTEENVETO.....	20
LÄHTEET	21

KÄYTETYT MERKINNÄT

PHY Physical Layer (Fyysinen kerros)

MAC Media Access Sublayer (MAC-kerros)

NWK Network Layer (Verkkokerros)

AES Advanced Encryption Standard (Kehittynyt salausstandardi)

APL Application Layer (Sovelluskerros)

CSMA-CA Carrier Sense, Multiple Access with Collision Avoidance (Kanavan kuuntelu ja törmäyksen esto)

UART Universal Asynchronous Receive & Transmit (Universaali asynkroninen lähetys ja vastaanotto)

RF-IC Radio Frequency Integrated Circuit (Radiotaajuinen IC-piiri)

1 JOHDANTO

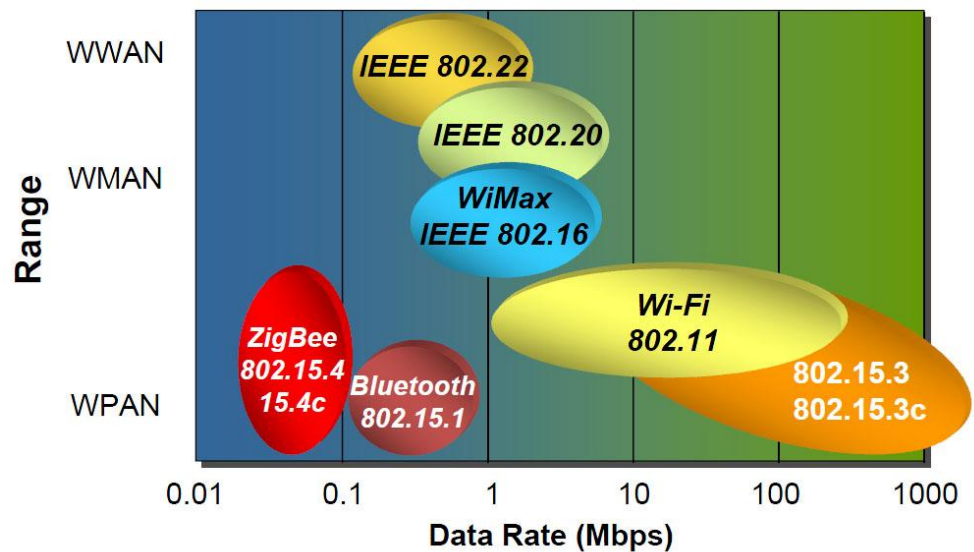
Työn tarkoituksena on perehtyä ZigBee-tekniikkaan yleisesti sekä ZigBee:n avulla toteutettuun langattomaan moottorinohjausjärjestelmään, joka rakennettiin koulun tiloissa keväällä 2009.

Työ aloitettiin tutustumalla Jennicin valmistamilla ZigBee-moduuleilla verkon perusominaisuuksiin, kontrolleriin ja päätelaitteisiin. Tämän jälkeen saimme käyttöömmä Texas Instrumentsin (myöhemmin TI) CC2520DK-kehitysalustan jota käyttäen toteutimme moottorinohjauksen.

Moottorina työssämme käytimme ABB:n kolmivaihemoottoria ja ohjaukseen ABB:n taajuusmuuttajaa jota ohjasimme TI:n päätelaitteella.

2 YLEISTÄ ZIGBEE:STA

ZigBee-protokolla on kehitetty tarjoamaan pienitehoisia langattomia järjestelmiä laajalle käyttöalueelle. ZigBee on langaton järjestelmä, joka toimii vapaalla 2,4 GHz:n radiotaajuusalueella. Se on maailmanlaajuinen avoin standardi, jota ohjaa laitevalmistajien yhteenliittymä nimeltään ZigBee Alliance.



Kuva 1. Zigbee- ja muiden IEEE 802.xx-standardien tiedonsiirtonopeuksia ja kantamia. /1./

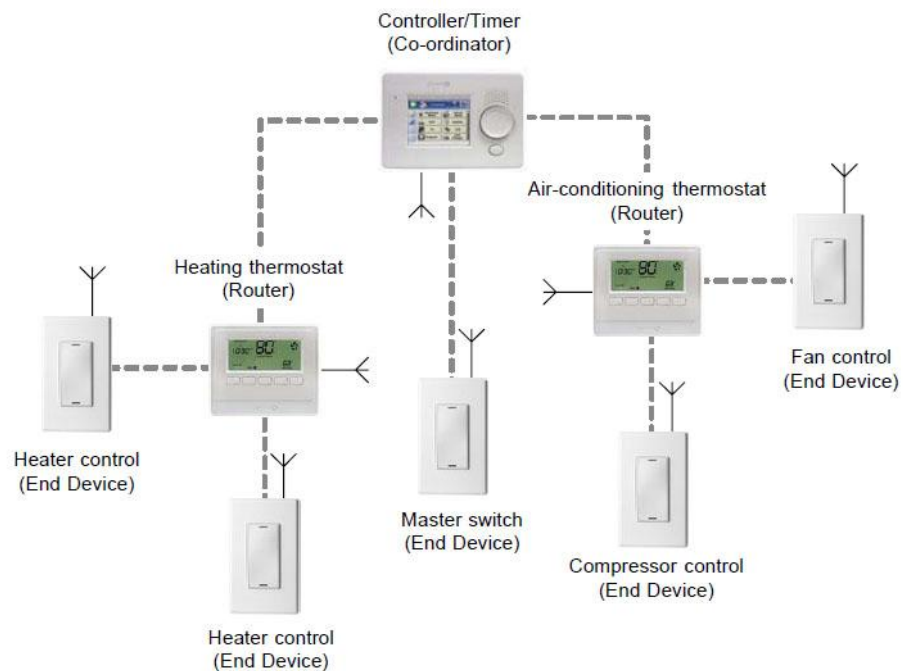
Kuvassa 1 on esitetty eri IEEE 802.xx-standardien tiedonsiirtonopeuksia sekä kantomatkoja. Kuvasta on luettavissa, että ZigBee on kantamaltaan ja tiedonsiirtonopeudeltaan huomattavasti esimerkiksi WLAN-verkkoja (802.11) alhaisempi.

ZigBee:n taustalla on IEEE:n määrittelemä 802.15.4-standardi, johon on lisätty ja paranneltu jo olemassa olevia ominaisuuksia. Parannuksilla on yritetty päästä eroon matalatehoisten langattomien verkkojen tavallisimmista kompastuskivistä: lyhyestä kantamasta, rajoitetusta peittoalueesta sekä muiden radioverkkojen aiheuttamista häiriöistä. IEEE 802.15.4-standardia on paranneltu muun muassa kehittämällä joustavia ja laajennettavia verkkotopologioita. Reititysälyä ja sietokykyä muille rinnakkaisille samassa ympäristössä toimiville radioverkoille, kuten Bluetooth ja WLAN, on parannettu.

ZigBee-verkon tavoitteena on toimia siten, että se on helppo ja edullinen asentaa ja laitteiden sisäänrakennettu äly ja muokkautuvuus

mahdollistavat sopeutumisen verkkojen muutoksiin kytkettäessä tai muutettaessa verkon laitteita.

Protokolla on suunniteltu siten, että verkon laitteet voivat mennä virransäästötilaan aina silloin, kun ne eivät ole aktiivisia. Tämän ansiosta monet ZigBee-verkon laitteista voivat olla paristokäyttöisiä, joka omalta osaltaan pienentää asennuskustannuksia. Laitteiden lähetysteho on pieni, TI:n alustalla enintään 4 dBm, ja tiedonsiirtonopeus on suurimmillaan 250 kbit/s. Verkon päätelaitteet onkin tarkoitettu yleensä laitteiden ohjaamiseen ja tiedonkeruuseen. /2./



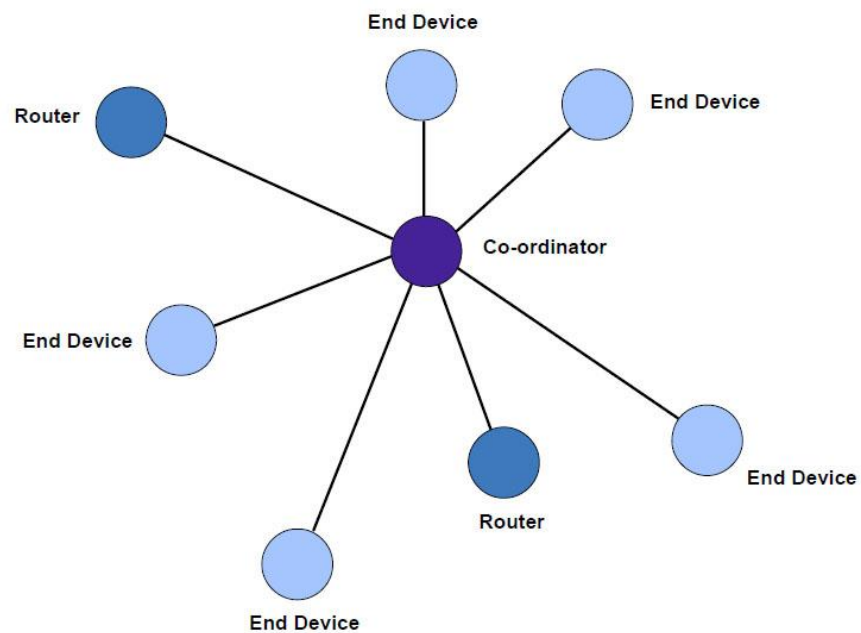
Kuva 2. Esimerkkiratkaisu ZigBee-verkosta. /2./

Kuvassa 2 on esimerkkiratkaisu ZigBee-verkossa toimivasta ilmastointi- ja lämmönsäätöjärjestelmästä. Ylimpänä sijaitseva säädin toimii verkon koordinaattorina ja muut päätelaitteet yhdistyvät siihen joko suoraan tai reitittiminä toimivien termostaattien kautta.

2.1 ZIGBEE:N VERKKOTOPOLOGIAT JA REITITYS

ZigBee-protokollalla on mahdollisuus toteuttaa kolmea erilaista verkkotopologiaa. Se tarjoaa paranneltuja tapoja verrattuna IEEE 802.15.4-standardiin. Solmujen toimiminen reitittiminä lisää solmujen kokonais määrää ja verkon ääripäiden etäisyyttä toisiinsa. Reitityksen hyötynä on myös tehotasojen pitäminen mahdollisimman pienenä. /2./

2.1.1 TÄHTIMÄINEN VERKKO

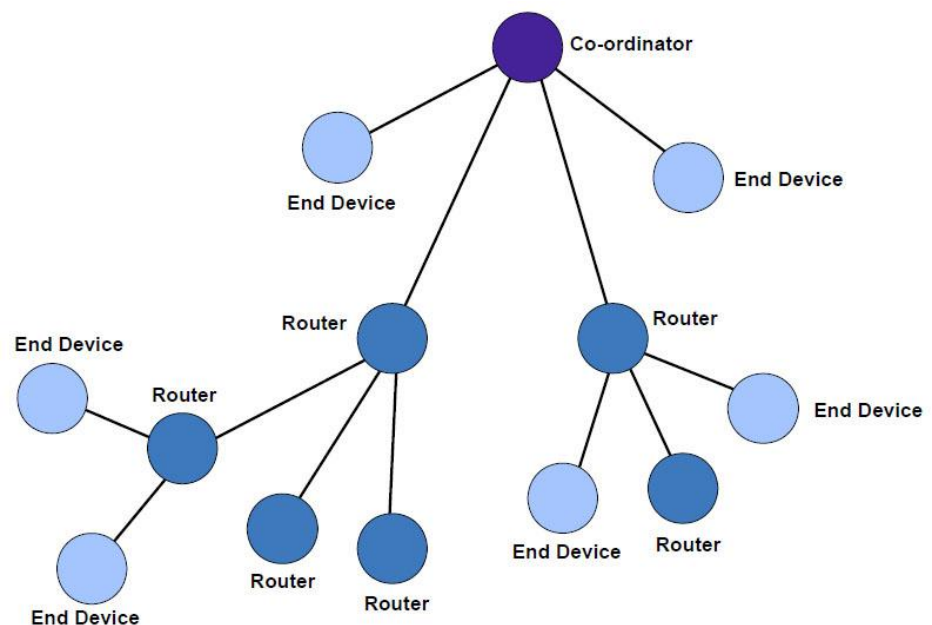


Kuva 3. Tähtimäinen verkko. /2./

Kuvassa 3 on tähtimäinen verkkorakenne, jossa kaikki päätelaitteet ovat suoraan kytketty koordinaattoriin. Tähtiverkko on mahdollisista ZigBee-topologioista yksinkertaisin ja samalla kaikkein rajoittunein. Jokainen päätelaite voi keskustella suoraan vain koordinaattorin kanssa, jolloin koordinaattori välittää viestin eteenpäin. Haittapuolena on se, että RF-linkin pettäessä koordinaattorin ja päätelaitteen välillä ei ole olemassa

varayhteyttä tiedonsiirron varmistamiseksi. Tiedonsiirron ollessa vilkasta eri päätelaitteiden ja koordinaattorin välillä voi koordinaattorista muodostua pullonkaula sen joutuessa osallistumaan jokaisen viestin välittämiseen.

2.1.2 PUUMAINEN VERKKO



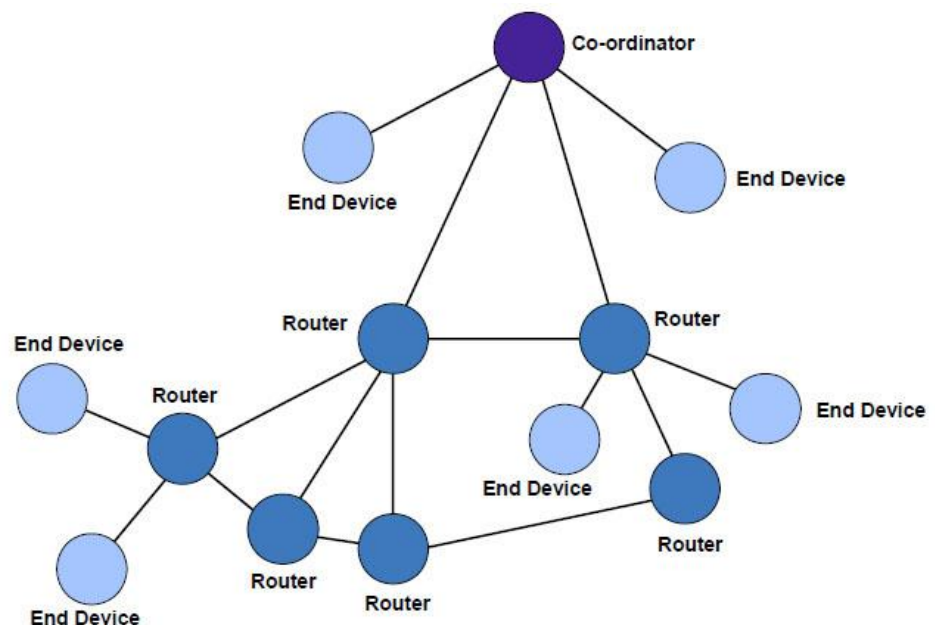
Kuva 4. Puumainen verkko. /2./

Kuvassa 4 on kuvattu puumainen verkkorakenne jossa koordinaattori toimii ylimpänä verkossa. Siihen on liittynyt suoria päätelaitteita, mutta lisäksi sen alapuolella on reitittimiä, joihin on kytketty myös päätelaitteita ja toisia reitittimiä. Näiden reitittimien voidaan kuvitella olevan koordinaattorin ”lapsia” ja näihin liittyneiden alempana olevien toisien reitittimien ja päätelaitteiden olevan ylempänä olevien reitittimien ”lapsia”. Yksi reititin voi siis toimia ”lapsena” ja ”vanhempana”. Päätelaite ei voi kuitenkaan toimia ”vanhempana”, sillä siihen ei voi suoraan liittää toista päätelaitetta. ”Lapsi” voi siis olla suoraan yhteydessä

ainoastaan omaan ”vanhempaansa”. ”Vanhempi” voi olla suoraa yhteydessä omaan ”lapsensa” tai omaan ”vanhempaansa”.

Tiedonsiirrossa viestin täytyy kulkea ylös puuta niin kauan, että se saavuttaa kohteen kanssa ensimmäisen yhteisen ”esi-isän”. Tästä pisteestä viesti kulkee puurakenteen toista haaraa alas kohdelaitteeseen. Samalla tavoin kuin tähtimäisessä verkossa, radiolinkin katketessa ei ole olemassa varayhteyttä päätepisteiden välillä.

2.1.3 SILMUKKAVERKKO (MESH)



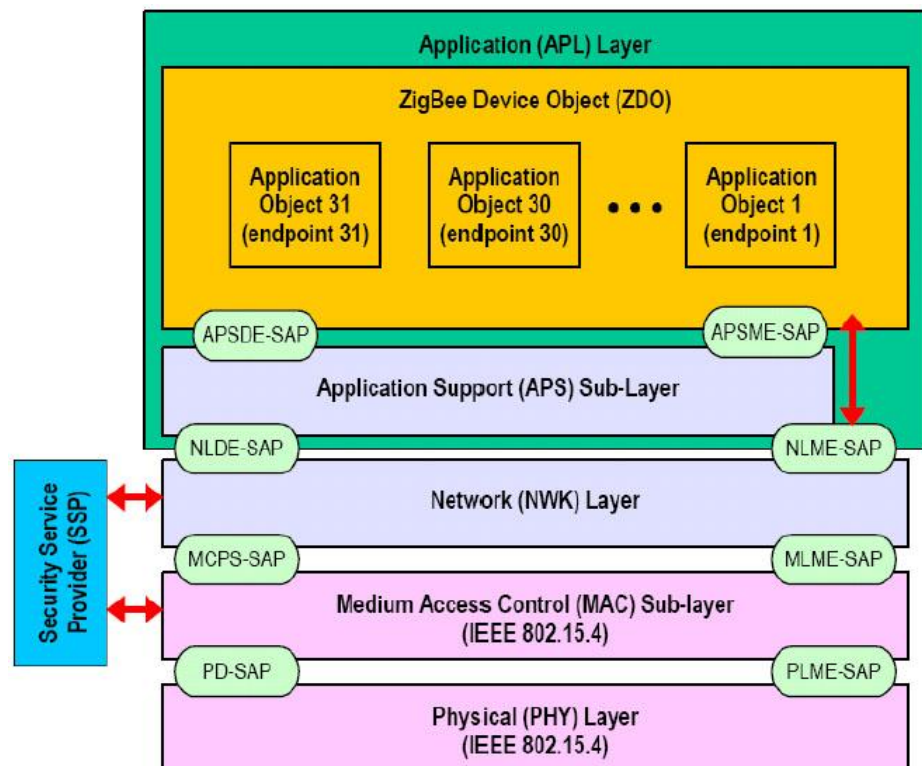
Kuva 5. Silmukkaverkon rakenne /2./

Silmukkaverkko koostuu koordinaattorista ja joukosta reitittäjiä ja päätelaitteita. Tällaisen verkon rakenne on nähtävissä kuvassa 5. Sen rakenne on samankaltainen puuverkon kanssa, mutta erona on reitittimien mahdollisuus kommunikoida suoraan keskenään toisten kantomatkan sisällä olevien reitittimien kanssa käyttämättä hierarkiassa ylempänä

olevaa ”esi-isää”. Tämä tekee tiedonsiirrosta jouhevampaa useampien yhteysreittien muodossa ja lisää varmuutta vikatilanteissa. Viesti on mahdollista ohjata perille toista reittiä alkuperäisen yhteyden vikaantuessa.

Silmukkaverkko sisältää reitinetsintäominaisuuden, jonka avulla verkko etsii parhaan mahdollisen reitin viestille. Tämä ominaisuus sijaitsee protokollapinon verkkokerroksella ja on täten näkymätön käyttäjän sovelluksille.

2.2 ZIGBEE:N PROTOKOLLAPINO



Kuva 6. ZigBee:n protokollapino /3./

Kuvassa 6 on kuvattuna ZigBee:n protokollapino. Alimmaisena ovat IEEE 802.15.4:n mukaiset fyysinen kerros (Physical layer) ja MAC – kerros eli linkkikerros (MAC Sub-layer tai Datalink Layer). Näiden

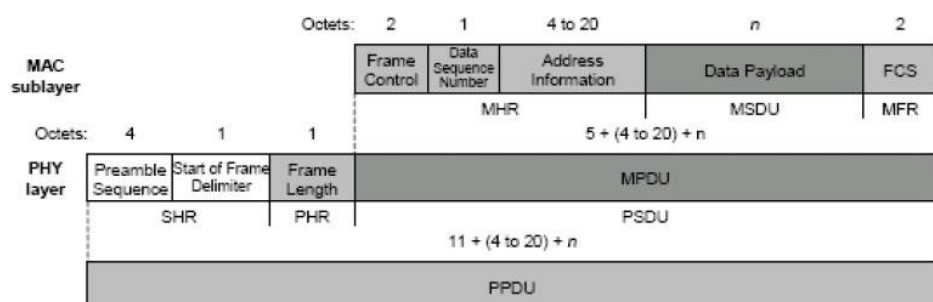
yläpuolella sijaitsevat ZigBee:n oma verkkokerros ja sovelluskerros. Sovelluskerrokseen kuuluvat sovellus-alikerros sekä sovellusobjektit.

2.2.1 FYYSINEN KERROS (PHY)

IEEE 802.15.4-standardin mukaisen fyysisen kerroksen tehtävänä on toimia yhteytenä fyysiseen siirtotapaan, joka on radiotaajuinen signaali. PHY lähettää databittejä siirtotielle ja vastaanottaa databittejä siirtotieltä. Se suorittaa kahdensuuntaista liikennettä myös yläpuolellaan olevan linkkikerroksen kanssa. /2./

2.2.2 LINKKIKERROS (MAC-KERROS)

Linkkikerros vastaa kehysten osoitteiden määräämisestä. Se päättelee lähtevän datan kohteen ja saapuneen datan lähettäjän. Linkkikerroksen tehtävänä on myös lähtevän datan kehysten luominen sekä saapuneen datan kehysrakenteen purkaminen. IEEE 802.15.4-standardissa linkkikerroksesta käytetään nimitystä MAC-kerros ja kehyksistä nimitystä MAC-kehys.



Kuva 7. Fyysisen ja linkkikerroksen kehysrakenne. /5./

Kuvassa 7 on ylimmäisenä linkkikerroksessa esiintyvä kehys. Se sisältää kehyksen ohjauksen, datan sekvenssinumeron, osoitetiedon, varsinaisen datan sekä kehyksen tarkistusbitit. Fyysisellä kerroksella edelliseen kehykseen lisätään alustussekvenssi (Preamble sequence), kehyksen erotin (Frame delimiter) sekä kehyksen pituus. Linkkikerroksen kehys ja fyysisen kerroksen lisäykset muodostavat kokonaisuuden, joka viedään siirtotielle. /5./

2.2.3 VERKKOKERROS (NWK)

Verkkokerroksen tehtäviin kuuluu reititys ja osoitteiden määrittäminen, jonka se suorittaa herättämällä linkkikerroksen toimintoja. Sen ominaisuuksiin kuuluvat myös verkon käynnistys (laitteen toimiessa verkon koordinaattorina), laitteiden lisääminen verkkoon ja poistaminen verkosta, viestien reitittäminen haluttuihin kohteisiin, tietoturvan lisääminen lähtevään dataan sekä reitinetsintäominaisuus (Route discovery) silmukkaverkoissa ja samalla reititystaulujen informaation säilyttäminen. /6./

Kuvassa 6 verkkokerroksen ja linkkikerroksen yhteydessä on kuvattu tietoturvasuoja (Security Service Provider) joka hoitaa tietoturvan lisäämisen lähtevään dataan. ZigBee-protokollassa on mahdollista käyttää kolmea eri tietoturvasuoja: ei suojausta, MAC-pääsyylistöihin perustuva tietoturva sekä 128-bittinen AES-algoritmin mukainen salaaminen.

2.2.4 SOVELLUS-ALIKERROS (APS)

Sovellus-alikerros toimii verkkokerroksen ja sovelluskerroksen välissä viestinviejänä. Esimerkiksi koordinaattorina toimiva laite on vastaanottanut viestin ,joka on tarkoitus näyttää laitteen nestekidenäytöllä: Sovellus-alikerros välittää verkkokerrokselta saapuvan viestin oikealle sovelluskerroksen ohjelmalle (endpoint) käyttäen viestissä olevaan endpoint-informaatiota. /2./

2.2.5 SOVELLUSKERROS (APL)

Sovelluskerros sisältää sovellusobjekteja (endpoint). Näitä voi yhdessä ZigBee-verkon laitteessa olla enintään 240. Saapuva data sisältää sovellusobjektin järjestysnumeron, jonka avulla informaatio päättyy oikealle sovellukselle. Kerroksen sovellukset ovat niitä jotka luovat laitteelle toiminnallisuuden. Samassa laitteessa olevat sovellukset voivat toimia samanaikaisesti. Esimerkiksi ympäristöä tarkkaileva sensori voi käyttää useaa sovellusta lämpötilan, kosteuden ja ilmanpaineen mittaukseen. /2./

2.3 LIIKENNÖINTI

ZigBee-standardin mukaisen verkon liikennöintiin sisältyy ominaisuuksia joiden avulla tiedonsiirron luotettavuutta on parannettu. Näitä ominaisuuksia ovat kanavan kuunteleminen ennen lähetystä (CSMA-CA), lähetettyjen viestien kuittaus sekä silmukatopologian mukanaan tuoma vaihtoehtoisen reitin etsintä.

2.3.1 CSMA-CA-TEKNIikka

ZigBee:n sanomien lähettäminen perustuu CSMA-CA-tekniikkaan, eli verkossa olevan laite kuuntelee käyttämäänsä kanavaa ja yrittää valita lähettämiseen hetken jolloin kanavalla ei ole muuta liikennettä. Kanavan ollessa varattu, laite odottaa satunnaisen ajan ja kuuntelee uudestaan. Tätä sykliä toistetaan kunnes kanava on vapaa ja sanoma lähetetään vasta silloin törmäyksien välttämiseksi.

2.3.2 VASTAANOTETUN VIESTIN KUITTAUS

ZigBee-standardissa on sisäänrakennettu kuittausjärjestelmä, jonka avulla voidaan varmistaa viestin perille pääsy. Viestin saapuessa vastaanottajalle se lähettää kuittausviestin alkuperäiselle lähetinlaitteelle. Jos lähettäjä ei saa kuittausviestiä tietyn ajan sisällä, se lähettää alkuperäisen viestin uudelleen. Tämä toiminto voidaan suorittaa useita kertoja peräkkäin kunnes kuittausviesti tulee perille.

2.3.3 VAIHTOEHTOISEN REITIN VALINTA

Silmukkatopologiaa käytettäessä ZigBee sisältää ominaisuuden, jonka avulla voidaan viestille etsiä vaihtoehtoinen reitti. Jos oletusreitillä havaitaan laite joka ei pysty välittämään viestiä, verkko etsii vaihtoehtoista reittiä viestin perille saattamiseksi. /7./

3 TI CC2520DK-KEHITYSALUSTA

CC2520DK-kehitysalusta perustuu Texas Instrumentsin toisen sukupolven ZigBee/IEEE 802.15.4 radiotaajuiseen lähetinvastaanottimeen, joka toimii vapaalla 2,4 GHz:n taajuusalueella. Piiri on suunniteltu käytettäväksi teollisuuden tarpeisiin ja se omaa hyvän kohinan sietokyvyn sekä korkean toimintalämpötilan.

CC2520 sisältää rautapuolen tukea pakettidatan käsittelyyn, datan puskurointiin, puskemuotoiseen lähettämiseen, kryptaamiseen, datan oikeellisuuden todentamiseen, vapaan kanavan arviointiin sekä yhteyden laadun ilmaisemiseen.

CC2520DK sisältää tarvittavat komponentit ZigBee- sekä IEEE 802.15.4-standardien mukaisten verkkojen testaamiseen sekä sovellusten kehittämiseen ja niiden demonstroimiseen käytännössä. /8./

3.1 CC2520DK:N KOMPONENTIT

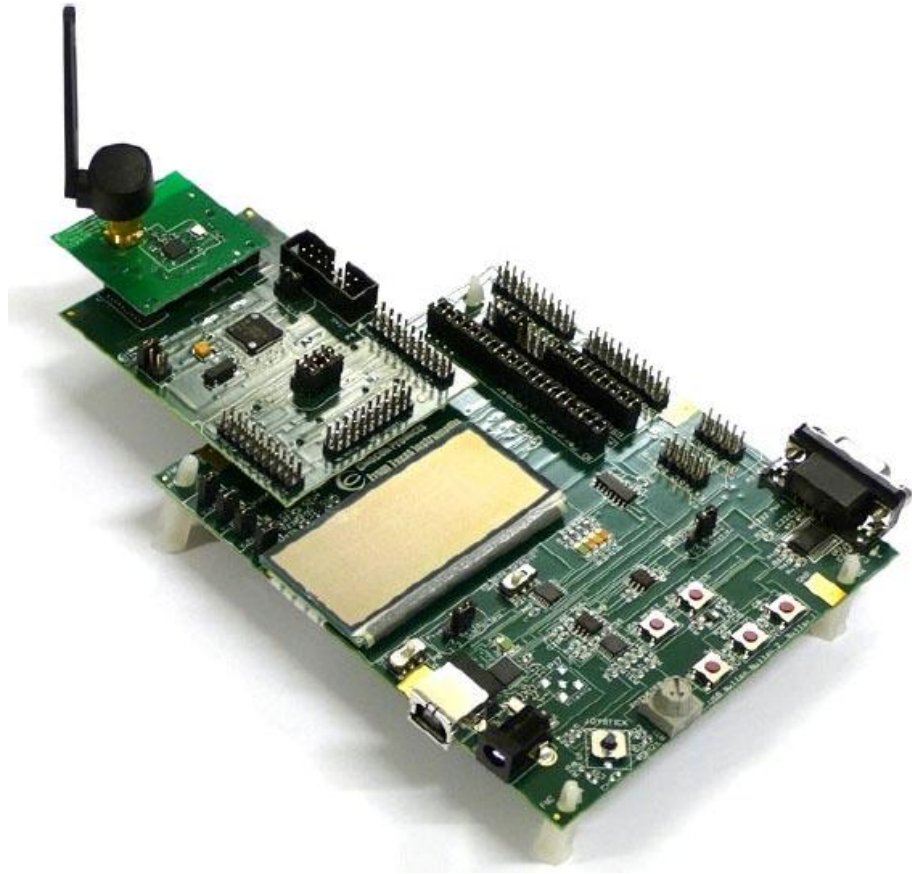
Texas Instrumentsin CC2520DK-kehitysalusta sisältää seuraavat komponentit:

- 3 kpl SmartRF05EB-piirilevyjä
- 3 kpl CC2520EM-moduuleita
- 3 kpl antenneja
- 2 kpl CCMSP-EM430F2618-mikrokontrollerimoduuleita
- 1 kpl MSP-FET430UIF-testausliityntälaitteita
- Sensor Network Analyzer-ohjelmisto (basic-versio)



Kuva 8. CC2520DK-kehitysalustan komponentit. /4./

Kuvassa 8. ovat CC2520DK-kehitysalustan komponentit; alareunassa näkyvät SmartRF05EB-piirilevyt, vasemmalla ylhäällä CC2520EM-moduulit, niiden vasemmalla puolella antennit, keskellä ylhäällä testausliityntämoduuli ja oikeassa reunassa CCMSP-EM430F2618-mikrokontrollerimoduulit. /8./



Kuva 9. CC2520DK:n komponentit kytkettynä toisiinsa. /4./

Kuvassa 9 on koottuna SmartRF05EB-piirilevy, CC2520EM-moduuli, CCMSF-EM430F2618-mikrokontrollerimoduuli sekä antenni.

3.1.1 SMARTRF05EB-PIIRILEVY

SmartRF05EB-piirilevy sisältää kolmirivisen LCD-näytön, USB 2.0-liitynnän, UART-väylän, LED-valoja, potentiometrin, joystick:n sekä kolme kappaletta ohjelmoitavia painonappeja. SmartRF05EB toimii alustana CC2520EM-moduuleille ja se voidaan kytkeä PC-tietokoneeseen USB-väylän kautta moduulien ohjaamiseksi. Piirilevyyn sisältyy laitteiden tarvitseman käyttö­sähkön syöttö. Levyssä on valintakytkin, jonka avulla valitaan sähkösyötöksi joko USB-väylä tai

kaksi AA-kokoista 1,5V paristoa, jotka sijoitetaan piirilevyn alapuolelle.

/8/

3.1.2 CCMSP-EM430F2618-MIKROKONTROLLERIMODUULI

Mikrokontrollerimoduuli sisältää TI:n MSP-430-mikrokontrollerin.

Piirilevystä löytyvät liitännät alustana toimivaan SmartRF05EB-korttiin

sekä useimpiin TI:n matalatehoisiin RF-IC-moduuleihin. /8./

3.1.3 CC2520EM-MODUULI

CC2520EM on analysointimoduuli joka sisältää TI:n CC2520-RF-mikropiirin ja tarvittavat ulkoiset komponentit. Mukana ovat myös sopivat suodattimet radion ominaisuuksien parantamiseksi. Moduuli voidaan liittää suoraan SmartRF05EB-piirilevyyn jolloin sitä voidaan ohjata SmartRF Studio-ohjelmalla tai se voidaan liittää mikrokontrollerimoduuliin jolloin se saa käskynsä MSP430-mikrokontrollerilta.

3.1.4 MSP-FET430UIF-TESTAUSLIITYNTÄLAITE

Testauslaitetta käytetään MSP-430-mikrokontrollerin ohjelmointiin ja sitä voidaan käyttää sovellusten vianetsintään. Liitäntä tapahtuu USB-väylän kautta PC-työasemaan ja JTAG-väylän kautta mikrokontrolleriin.

3.1.5 DAINTREE SENSOR NETWORK ANALYZER-OHJELMA

TI:n kehitysalustan mukana on lisenssi Daintreen julkaisemaan Sensor Network Analyzer Basic-versioon. Ohjelma toimii Windows-ympäristössä ja sen avulla voidaan analysoida verkon liikennettä ja tarkkailla sen perusominaisuuksia. Ohjelmasta on saatavilla myös Standard- ja Professional-versiot, joissa on huomattavasti enemmän ominaisuuksia. /9./

3.1.6 SMARTRF STUDIO-OHJELMA

SmartRF Studio PC-ohjelmisto on suunniteltu TI:n RF-IC-tuotteiden konfiguroimiseen ja testaamiseen. Ohjelma on tarkoitettu käytettäväksi TI:n SmartRF-piirilevyjen kanssa (esimerkiksi SmartRF05EB). SmartRF Studion avulla voidaan tutkia ja muokata CC2520:n rekistereitä radion konfiguroimiseksi. Ohjelma sisältää myös käyttöliittymän, jonka avulla voidaan suorittaa yksinkertaisia toimenpiteitä radiolle PC:n välityksellä. /8./

4 LANGATON MOOTTORINOHJAUS ZIGBEE:N AVULLA

Koulun tiloissa toteutettiin projekti, jossa tarkoituksena oli ohjata ZigBee-verkon välityksellä langattomasti sähkömoottoria. Idea projektiin tuli Meshworks Wireless Oy:ltä joka oli antanut erilaisia aiheita opiskelijoiden tutkittavaksi. Moottorinohjaus päätettiin valita työn aiheeksi, sillä se vaikutti mielenkiintoisimmalta ja sille saattaisi löytyä helposti käytännön sovelluksia teollisuusautomaation alalta.

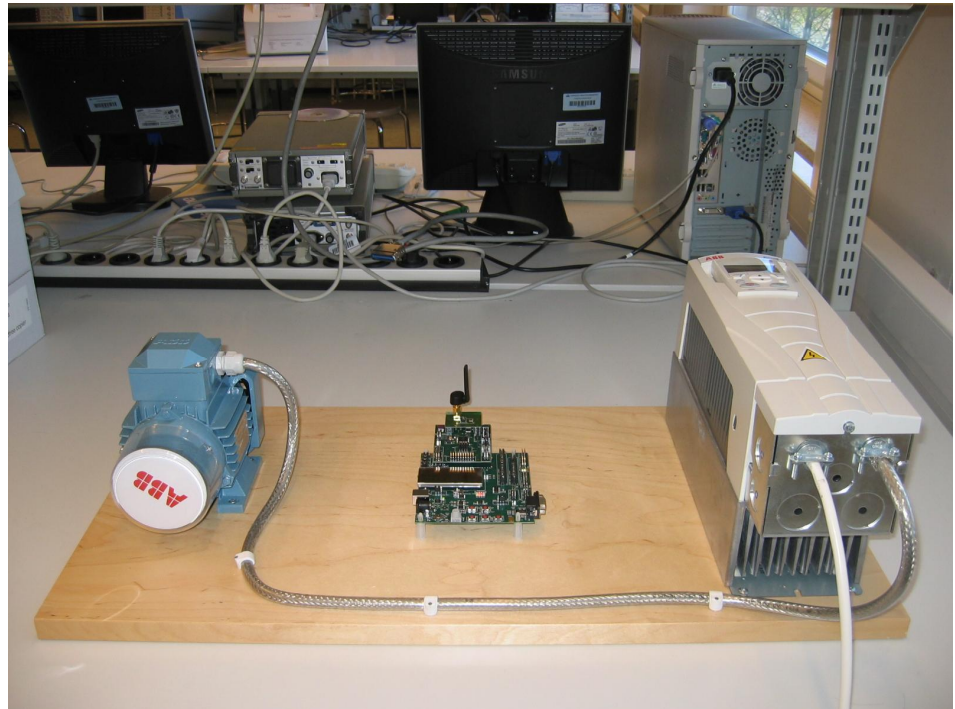
Projekti päätettiin aloittaa suunnittelemalla millaisia komponentteja käyttäen toteutus olisi järkevin. Saimme Texas Instrumentsilta lahjoituksena TI:n kehitysalustan käyttöömmme. Päätimme käyttää ABB:lta lahjoituksena saatuja taajuusmuuttajaa (ACH550-01-04A6-2) ja testauskäyttöön suunniteltua kolmivaiheista sähkömoottoria (ABB 0,18 kW, kolmiokytketty). Taajuusmuuttajan valintaan vaikuttivat sen monipuoliset liitännämahdollisuudet. Tarkoituksena oli ohjata muuttajaa digitaalisten tulojen kautta kärkitietojen avulla. Taajuusmuuttajaa syötettiin yksivaiheisella sähkösyötöllä joka aiheuttaa sen, että kuormitettavuus laskee, mutta tällä ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä testauskäytössä.

4.1 MOOTTORINOHJAUKSEN KYTKENTÄ

Moottorinohjaus toteutettiin käyttämällä toista TI:n alustan laitetta kontrollerina ja toista laitetta päätelaitteena. Kontrollerin painonappien avulla muutettiin päätelaitteen portteja joko tilaan 1 tai 0. Nämä ulostulot liitettiin releiden avulla 24V tasajännitelähteeseen, jolloin taajuusmuuttajan digitaalituloja ohjattiin 24V jännitteellä.

Taajuusmuuttajan käyttöpaneelista on mahdollista aktivoida ulkoinen ohjaus jolloin muuttajaa ohjataan digitaalitulojen kautta. Käyttöpaneelista

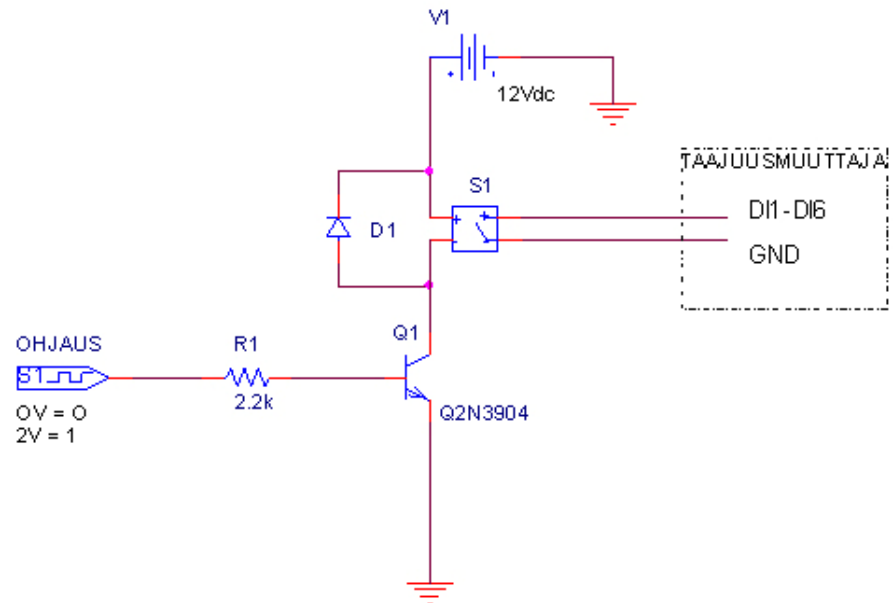
voidaan myös ohjelmoida digitaalitulojen kombinaatioiden vaikutukset taajuusmuuttajan käyttäytymiseen. Muistiin voidaan määrittää erilaiset vakionopeudet, pyörimissuunnat, käynnistys ja pysäytys. Muuttajan käyttöliittymän ominaisuudet ovat monipuoliset eikä niitä eritellä tässä työssä.



Kuva 10. Moottori, ZigBee-päätelaite ja taajuusmuuttaja.

Kuvassa 10 on koekytkenässä käytetyt laitteet. Moottori on kytketty taajuusmuuttajaan häiriösuojatulla moottorikaapelilla. Kuvassa ei näy ZigBee-päätelaitteen ja taajuusmuuttajan välisiä kytkentäjohtoja eikä kontrollerina käytettyä toista ZigBee-laitetta.

4.2. RELEOHJAUSKYTKENTÄ



Kuva 11. Releohjauksen kytkentäkaavio.

Kuvassa 11 on releohjaukseen käytetyn transistorikytkennän kytkentäkaavio. S1 kuvastaa releitä joita käytettiin TI:n ulostulojen jännitetasojen nostamiseksi taajuusmuuttajan sisääntuloihin sopivalle tasolle.

YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutustua ZigBee-verkon ominaisuuksiin ja mahdollisiin sovelluksiin. Työtä aloitettaessa allekirjoittaneella ei ollut aiempaa kokemusta sensoriverkoista tai ZigBee-standardista. Työn edetessä ymmärrys verkkojen rakenteesta ja mahdollisista käyttökohteista kasvoi. Sensoriverkoilla on hyvät mahdollisuudet yleistyä tulevaisuuden koti-, ja teollisuusautomaatiossa. Käyttökohteita löytyy lähes kaikkialta ja laitteiden yhteensopivuus verkoissa on helpottava tekijä.

Tässä työssä on käsitelty yleisesti ZigBee-verkon rakennetta ja TI:n kehitysalustaa. Toivon, että työstä on hyötyä tuleville opiskelijoille ZigBee-standardiin ja sen laitteisiin tutustuessa.

Saimme toteutettua toimivan koekytkennän jolla voitiin ohjata moottoria, kuten alkuperäisessä työn aiheessa oli tarkoitus. Työssä oli mukana ohjelmistopuolen opiskelijoita sekä lisäksi yksi tietoliikennetekniikan opiskelija. Kytkentää olisi mahdollisuus kehittää pidemmälle käyttämällä taajuusmuuttajan kenttäväyläohjausta tai DA-muuntimen avulla ohjata sitä portaattomasti, mutta tähän ei kuitenkaan aika riittänyt.

LÄHTEET

1. ZigBee Alliance [viitattu 20.4.2009] Saatavissa:
http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?ContentID=12394
2. Jennic Ltd [viitattu 20.4.2009] Saatavissa:
http://www.jennic.com/files/support_files/JN-UG-3017-ZigBeeStackUserGuide-1v6.pdf
3. LPR Teknillinen Yliopisto, Tietoliikenne-elektroniikan komponentit [viitattu 22.4.2009] Saatavissa:
http://www.ee.lut.fi/courses/Sa2910400/esitykset_2006/esitys2006modattu.pdf
4. TI C2520DK Quickstart Guide [viitattu 22.4.2009] Saatavissa:
<http://focus.tij.co.jp/jp/lit/ug/swru139/swru139.pdf>
5. ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works [viitattu 22.4.2009] Saatavissa:
<http://www.larces.uece.br/~celestino/RSSF%20II/zigbee%20patric%20Kinney.pdf>
6. ZigBee e-learning [viitattu 22.4.2009] Saatavissa:
<http://www.jennic.com/elearning/zigbee/index.htm>
7. Wikipedia: ZigBee [viitattu 7.5.2009] Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
8. Texas Instruments CC2520 Development Kit User's Guide [viitattu 8.5.2009] Saatavissa: <http://focus.ti.com/lit/ug/swru138/swru138.pdf>
9. Daintree Sensor Network Analyzer [viitattu 11.5.2009] Saatavissa:
<http://www.daintree.net/products/sna.php>