

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietoliikenne, Tietoliikennetekniikka

Tutkintotyö

Tapio Kallioniemi

ZIGBEE STANDARDIN TOIMINTA JA PERIAATTEET

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2009

Lehtori Ilkka Tervaoja
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikka, Tietoliikennetekniikka

Tekijä: Tapio Kallioniemi
Työn nimi: Zigbee standardin toiminta ja periaatteet
Työn ohjaaja: Lehtori Ilkka Tervaoja
Työn teettäjä: Tampereen ammattikorkeakoulu
Paikka: Tampere 10.11.2009
Hakusanat: IEEE 802.14.4, ZigBee, sensoriverkko

TIIVISTELMÄ

Tutkintotyön tarkoituksena on rakentaa Jennicin - kehitysalustoja apuna käyttäen pieni Zigbee - verkko. Apuna verkon tutkimisessa käytämme Daintreen - sensoriverkkoanalysaattoria.

Tutkintotyössä perehdytään pintapuolisesti ZigBee standardin periaatteisiin sekä verkon rakenteeseen, toimintaan ja mahdollisiin käyttötarkoituksiin nykypäivänä ja tulevaisuudessa.

Author: Tapio Kallioniemi
Title: Principles and function of ZigBee standard
Thesis supervisor: Lector Ilkka Tervaoja
Thesis order: Tampere University of applied science
Date: Tampere 10.11.2009
Keyword: IEEE 802.14.4, ZigBee, sensornetwork, mesh

ABSTRACT

This thesis meaning is to build a small ZIGBEE network and learn how to ZigBee network topology works. To help us we will use Daintree network analyzer and Jennic development kit.

This thesis is going to be a superficial survey to ZigBee standard, principles, and the network structure, functioning and the possible uses of today and tomorrow.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tietotekniikkalinjan opinnäytetyönä.

Tahdon lausua kiitokset Tampereen ammattikorkeakoululle mahdollisuudesta käyttää koulun tiloja sekä laitteita työtä tehdessäni. Koulu auttoi minua ja opiskelijatovereitani työssä tarvittavan analysaattorin hankinnassa sekä muissa työssä tarvittavissa hankinnoissa. Kiitokset opettajille sekä opiskelijatovereilleni Jani Puntolalle ja Sakari Sirenille, jotka auttoivat työni tekemisessä.

Tampereella 10.11.2009

Tapio Kallioniemi

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT	III
ALKUSANAT.....	IV
SISÄLLYSLUETTELO.....	V
KÄYTETYT MERKINNÄT	VI
1 JOHDANTO	1
1.1 ZIGBEE NIMEN TAUSTAA	1
1.2 ZIGBEE:N KEHITYS.....	1
2 KÄYTTÖKOHTEET	3
3.1 ZIGBEE VERKON TAAJUUSALUEET	5
3.2 ZIGBEE:N MODULAATIO.....	6
3.3 ZIGBEE:N SIIRTONOPEUS JA MATKA	7
4 ZIGBEE VERKON LAITTEET	8
4.1 KOORDINAATTORI	8
4.2 REITITIN	9
4.3 PÄÄTELAITE	9
5 ZIGBEE VERKON RAKENNE	9
5.1 ZIGBEE - VERKOSSA TAPAHTUVA LIIKENNE.....	10
5.1.1 Jaksoittainen	10
5.1.2 Ajoittainen	10
5.1.3 Jatkuva	10
5.2 ZIGBEE VERKON PROTOKOLLAPINO.....	11
5.3 ZIGBEE VERKKOTOPOLOGIAT	12
5.3.1 Tähti	13
5.3.2 Puu	14
5.3.3 Mesh	15
5.4 ZIGBEE - VERKON PROFILIT	15
5.4.2 Sovellusprofiili	16
6 TIETOTURVA	16
6.1 SALAUS	16
7 TULEVAISUUS.....	17
8 LOPPUSANAT.....	18
LÄHDELUETTELO.....	19

KÄYTETYT MERKINNÄT

WLAN	Lyhenne (<i>Wireless Local Area Network</i>) tarkoittaa langatonta lähiverkkoa, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita.
WPAN	Lyhenne (<i>Wireless Personal Area Network</i>) tarkoittaa langatonta lähiverkkoa, joka on kantomatkaltaan lyhyempi kuin WLAN.
WiFi	Lyhenne (<i>Wireless Fidelity</i>) on WLAN:in kaupallinen nimitys.
OSI-malli	Lyhenne (<i>Open Systems Interconnection Reference Model</i>) kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa.
PHY	Lyhenne (<i>Physical</i>) eli fyysinen kerros.
MAC	Lyhenne (<i>Media Access Control</i>) eli siirtoyhteyskerros.
RF	Lyhenne (<i>Radio Frequency</i>) eli radiotaajuus.
BPSK	Lyhenne (<i>Binary Phase Shift Keying</i>) tarkoittaa binääristä vaiheensiirtomodulointia.
Q-PSK	Lyhenne (<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>) eli kvadratuurivaiheensiirtomodulaatio.
ISM	Lyhenne (<i>Industrial, Scientific and Medical</i>) eli maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista.
RFD	Lyhenne (<i>Reduced Function Device</i>) eli rajoitetun toiminnan laite.
FDD	Lyhenne (<i>Full Function Device</i>) eli täyden toiminnan laite.
NWK	Lyhenne (<i>Network Layer</i>) eli verkkokerros.
APL	Lyhenne (<i>Application Layer</i>) eli sovelluskerros.
ACL	Lyhenne (<i>Access Control List</i>) eli pääsyylista.
AES	Lyhenne (<i>Advanced Encryption Standard</i>) on lohkosalausmenetelmä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoituksena tutustua sensoriverkkoihin sekä Zigbee standardin periaatteisiin ja verkon toimintaan. Tässä työssä tutkin myös Zigbee standardin historiaa ja mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita.

Nykypäivänä ja tulevaisuudessa kaikki teollisuudessa ja kotitalouksissa tapahtuva verkkoliikenne pyritään toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti kauko-ohjauksella. Tähän tarkoitukseen on kehitelty erilaisia langattomia verkkostandardeja. Tämmöisissä käyttökohteissa verkolta ei vaadita suuria liikennenopeuksia vaan kevyttä tiedonsiirtokäyttöä.

Verkon toiminnan pitää olla myös luotettavaa ja sen laitteiden virrankulutuksen tulee mahdollistaa jopa vuosien toiminta pelkillä paristoilla. Lisäksi päätelaitteiden tulee olla halpoja, jotta tekniikka voidaan ottaa jokapäiväiseen käyttöön kotitalouksissa. /2/

1.1 ZigBee nimen taustaa

Termi Zigbee tulee alun perin mehiläisistä. Mehiläisten siksak-tyylinen lentotapa signaloi muille mehiläisille esimerkiksi sitä, että uusi ruoanlähde on löytynyt. Kaikki mehiläisten yhdyskunnan jäsenet kommunikoivat keskenään jatkuvasti, sillä tämä on koko yhteiskunnan elinehto ja tähän perustuu myös Zigbee - verkon toiminta. /3/

1.2 Zigbee:n kehitys

Kaikissa sovelluksissa ei tietoliikenteen nopeudella ole niin suurta merkitystä. Esimerkiksi erilaisissa ohjauslaitteissa, tietokoneen oheislaitteissa, kodin valvontalaitteissa ja teollisuudessa käytettävissä sensoreissa ei tiedon siirto ole jatkuvaa vaan tieto siirretään pieninä paketteina kerrallaan. /3/

Zigbee - tyyppiselle verkolle alkoi olla tarvetta 1990-luvun loppupuolella ja vuonna 1998 useat langattomia tekniikoita suunnitelleet insinöörit totesivat, että WiFin ja Bluetoothin kaltaiset tekniikat eivät soveltuneet näihin tarkoituksiin riittävän hyvin. IEEE perusti marraskuussa 1999 oman työryhmän wlan- ja wpan-verkkojen rinnakkaisen toiminnan varmistamiseksi. Ryhmä sai nimekseen 802.15.2. /6/

Vuonna 2000 IEEE:n perustama 802.15.4 komitea sai nimekseen Zigbee - allianssi. Zigbee tekniikka kehiteltiin tämän 802.15.4 tekniikan päälle ja osittain sen kanssa yhteensopivaksi. Zigbee - allianssi rupesi kehittämään yhtenäistä sensoriverkkostandardia. Zigbee - standardin tarkoituksena oli määritellä OSI - mallin verkkoyhteys- sekä kuljetuskerrokset. Tarkoituksena oli jättää OSI - mallin ylempät kerrokset kolmannen osapuolen sovelluksien tehtäväksi. /1/3/

IEEE 802.15.4 standardi valmistui toukokuussa 2003. Tämän standardin perusti noin viidenkymmenen jäsenen Zigbee - työryhmä. Zigbee standardin perustajiin kuuluvat mm. seuraavat yritykset: Honeywell, Invensys, Motorola, Mitsubishi, Philips ja Samsung. Ensimmäisiä prototyyppisiä esitteli Motorola jo kesäkuussa 2003.

Standardissa määriteltiin enintään 255 laitteen yhdistetty tähti- ja vertaistopologia ja mahdollisimman yksinkertainen toteutus. Radiotieksi oli tarjolla kolme eri taajuus vaihtoehtoa, jotka tarjosivat erilaisen nopeuden. /1/3/

Syksyllä 2004 Zigbee - allianssi, joka kehittää Zigbee spesifikaatiota, ilmoitti jäsenmääränsä kaksinkertaistuneen vuodessa ja että sillä oli jo yli 100 yritystä 22 eri maassa. Kesällä 2005 yrityksiä oli kertynyt jo yli 150. /1/

Zigbee spesifikaation lopullinen sopimus hyväksyttiin 14. joulukuuta 2004 ja kesäkuussa 2005 julkistettiin versio 1.0. Zigbee - allianssiin liittyminen maksaa ja se oikeuttaa standardin käytön kaupalliseen tarkoitukseen. Lisäksi, jos laite halutaan kaupalliseen käyttöön, pitää laite testauttaa, jotta siinä voitaisiin käyttää Zigbee standardien mukaista tunnusta. /1/

Syyskuussa 2006 Zigbee - allianssi julkaisi parannellun Zigbee spesifikaation, joka sai nimekseen Zigbee 2006. ZigBee - standardin parannellun version myötä tekniikka on saanut monia uusia ominaisuuksia, mutta samalla uudet määrittelyt eivät ole yhteensopivia alkuperäisen 1.0 - standardin kanssa.

Tällä hetkellä Zigbee:n uusin versio on nimeltään Zigbee PRO, joka julkaistiin vuoden 2007 loppupuolella. PRO - versio ei ole yhteensopiva aikaisemmin julkaistujen spesifikaatioiden kanssa. /5/7/

Vuonna 2006 myytiin lähes 2,5 miljoonaa Zigbee - piiriä. Markkinoiden koko oli noin 11,2 miljoonaa dollaria. Sen pitäisi kuitenkin kasvaa jopa 800 miljoonaan dollariin vuonna 2009. Vuositasolla kasvua tulisi näin peräti 190 prosenttia /5/7/

2 KÄYTTÖKOHTEET

Zigbee - tekniikka on optimoitu laitteiden minimaalista tehonkulutusta ajatellen. Näin esimerkiksi paristokäyttöisten laitteiden yhtäjaksoinen toiminta-aika voi olla jopa useita vuosia. Tällä tavalla Zigbee - tekniikka tarjoaa ratkaisukomponentteja erilaisiin nykypäivän tarpeisiin. Zigbee - tekniikan sovelluskohteet voidaan jakaa karkeasti viiteen eri luokkaan. Luokat näet kuvasta 1 ja ne ovat: kiinteistöautomaatio, teollisuuden ohjaukset, PC sekä oheislaitteet, hyvinvointitekniikka ja kuluttajaelektroniikka /9/

Kiinteistöautomaatiossa tekniikkaa voidaan hyödyntää melkein kaikkien nykypäiväisten kotien tietoliikenneyhteyksien sekä laitteiden valvonnassa ja ohjauksessa. Kiinteistöissä käytettävissä kohteissa voi esimerkiksi olla turva- ja valvontajärjestelmät, ilmastonin kontrollointi ja seuranta sekä valaistuksen ja muiden elektronisten laitteiden käyttö. /9/

Teollisuudessa käyttökohteita voivat esimerkiksi olla tuotannon valvonta ja ohjaus, sekä useat muut valvontaan ja ohjaukseen liittyvät asiat. Teollisuudessa tekniikalta vaaditaan salauksen luotettavuutta sekä toiminnan varmuutta, koska käyttökatkoksiin sekä muihin tuotannon ongelmiin ei ole varaa ja tekniikkaan pitää pystyä luottamaan sataprosenttisesti. /9/

PC:ssä ja sen muissa oheislaitteissa pyritään hyödyntämään tekniikan pientä tehonkulutusta sekä tietoturva. Esimerkkeinä tietokoneen langattomat näppäimistöt sekä hiiret joiden toiminta - aika paristoilla pyritään saamaan mahdollisimman pitkäksi. /9/

Hyvinvointiteknologiassa käytössä olevissa laitteissa luotettavuus, tietoturva sekä laitteiden pieni koko ja tehonkulutus ovat tekniikan suurimpia etuja. Esimerkiksi potilaiden valvonnassa tekniikka on erittäin käytännöllinen. /9/



Kuva 1 Zigbee - tekniikan sovelluskohteita /9/

3. TEKNIikka

Zigbee nimellä tunnettu pienitehoinen, lyhyen kantaman radioliikenteen standardi kuuluu WPAN-standardiperheeseen. WPAN tulee sanoista (*Wireless Personal Area Network*) ja tarkoittaa langatonta lähiverkkoa, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita. /4/6/

Zigbee - verkot voivat sisältää suuren määrän laitteita, jotka sijaitsevat fyysisesti laajalla alueella. Tekniikkaa voidaan käyttää mihin tahansa tiedonsiirtoon, missä siirrettävien pakettien koot ovat pieniä ja laitteiden toimintajaksot lyhyitä. /7/9/

Tekniikan suurimpia etuja ovat verkkoelementtien erittäin alhainen virran kulutus ja edullinen hinta. Zigbee - tekniikka mahdollistaa suurien verkkokokonaisuuksien muodostamisen ja lisäksi verkon muokkaaminen on yksinkertaista ja edullista. Zigbee - tekniikkaa käytettäessä ohjauslaitteiden välistä kaapelointia ei tarvita ja tämä helpottaa laitteiden sekä anturien asentamista vaikeisiin paikkoihin. /8/10/

3.1 ZigBee verkon taajuusalueet

Zigbee toimii ISM (Industrial, Scientific and Medical) taajuusalueella, joka on maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista. Sen käyttö ei vaadi erillistä lupaa ja on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.

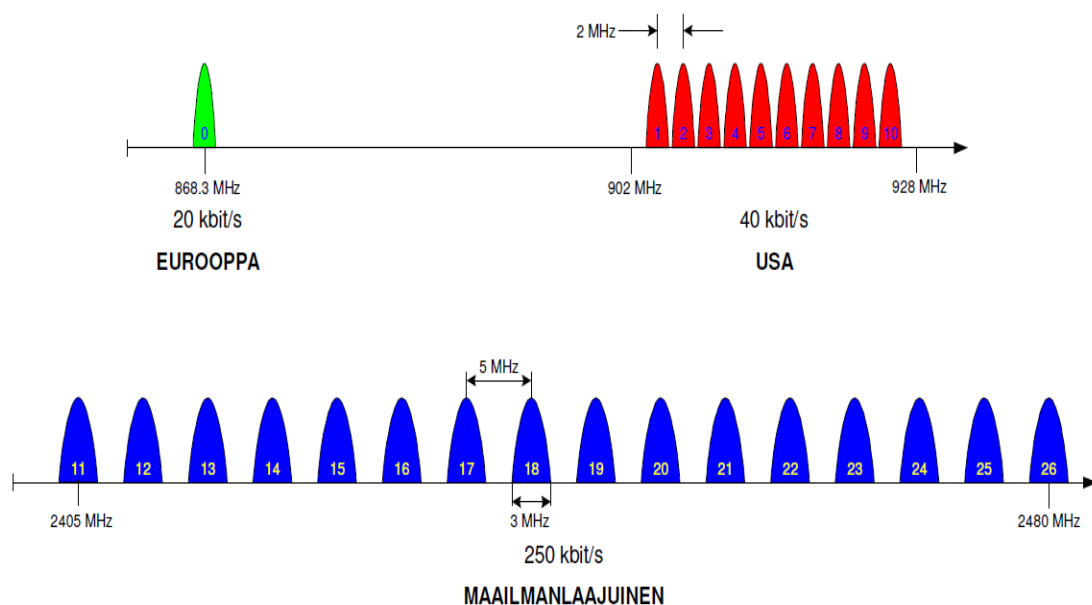
ISM taajuusalueita on kolme. Euroopassa käytössä oleva taajuus on 868MHz ja sen ominainen tiedonsiirtonopeus on 20 kb/s. Yhdysvalloissa käytettävä taajuus on 915MHz ja sen tiedon siirtonopeus on 40 kb/s. Yleisimmin käytössä oleva taajuusalue on 2450MHz, joka on käytössä melkein kaikkialla maailmassa, tiedonsiirtonopeus on myös kaikista suurin eli 240 kb/s. /15/

Kuvassa 2 näkyvät Zigbee:n radiotaajuudet sekä kanavat ja niiden kaistan leveydet. Alhaisimmilla taajuusalueilla tiedonsiirtonopeus on huomattavasti pienempi, mutta käyttäjämäärät on myös paljon pienemmät. 2.4 GHz:n alueella toimivat myös Bluetooth ja WLAN sekä paljon muita langattomia pienitehoisia radiolähettämiä. Tästä johtuen alkaa taajuusalue olla välillä melko ruuhkainen. /17/

Alhaisimmilla taajuusalueilla radioliikenteen kantama on suurempi, koska esteet eivät vaikuta radioaaltoihin niin paljon kuin 2.4 GHz:n alueella. Zigbee:n radiokanavat on numeroitu 0 – 26.

Ensimmäinen radiokanava on käytössä vain Euroopassa ja seuraavat kymmenen kanavaa, joiden kanavaväli on 2MHz, ovat käytössä Yhdysvalloissa.

2.4 GHz:n alueella Zigbee:n käytössä on 16 viimeisintä radiokanavaa, joiden kanavaväli on 5 MHz.



Kuva 2 Zigbee-verkon radiotaajuudet ja kanavat. /17/

3.2 Zigbee:n modulaatio

Zigbee standardissa käytetään eri modulaatiomenetelmiä riippuen taajuuksista. Euroopassa ja Yhdysvalloissa käytössä olevilla alemmilla taajuusalueilla käytetään modulaatiomenetelmänä binaarista vaihevainnusta BPSK (*binary phase shift keying*). BPSK:ssa kantoaallon vaihe kertoo onko signaalin tila yksi vai nolla. Yleisimmin käytössä olevalla 2.4 GHz taajuuskaistalla käytetään ortogonaalista nelivaiheista vaihevainnusta O-QPSK (*orthogonal quadrature phase shift keying*). O-QPSK:ssa kantoaalto voi olla neljässä eri vaiheessa ja jokainen vaihe voidaan tulkita eri tilaksi eli kahdeksi bitiksi. /16/

3.3 Zigbee:n siirtonopeus ja matka

Zigbee:n siirtonopeus on hyvin riippuvainen sekä taajuudesta että modulaatiosta. Zigbee standardia suunniteltaessa sen yksi tärkeimmistä tavoitteista oli, että laitteet kuluttaisivat mahdollisimman vähän tehoa. Nykypäivänä yksittäinen Zigbee -verkon laite voi toimia useamman vuoden yhdellä alkaliparistolla, riippuen tietenkin lähetystehosta sekä kuinka useasti laite keskustelelee muiden laitteiden kanssa.

Normaalisti laitteiden käyttämä lähetysteho on noin 20 mW. Lähetysteho vaikuttaa suoraan myös laitteiden väliseen etäisyyteen eli siirtomatkkaan. Siirtomatkkaan vaikuttavat myös ulkoiset häiriötekijät, kuten laitteiden väliset esteet ja muut ympäristössä olevat tekijät. Tavallisesti Zigbee -verkon laitteet kykenevät toimimaan noin 10 - 100 metrin välillä ilman lisäantenneja. Käytettäessä keraamista lisäantennia saadaan siirtomatkaa kasvatettua noin 500 metriin. Tehoantennilla, joka tarvitsee erillisen virtalähteen, voidaan siirtomatkaa kasvattaa vieläkin suuremmaksi. /15/

Taulukossa 1 on esitettyä Zigbee:n siirtonopeudet, modulaatiosta ja hajautusmallista riippuen taajuuskohtaisesti.

Taulukko 1 taajuuskohtaiset ominaisuudet. /15/

PHY (MHZ)	Taajuusalue (MHZ)	Levitysparametrit		Dataparametrit		
		Chip rate (kchip/s)	Modulaatio	Bitti nopeus (kb/s)	Symbooli nopeus (ksymbol/s)	Symbooli
868/915	868-868,6	300	BPSK	20	20	Binary
	920-928	600	BPSK	40	40	Binary
2450	2400-2483,5	2000	O-QPSK	240	62,5	16-ary orthogonal

4 ZIGBEE VERKON LAITTEET

Yksittäinen Zigbee - laite koostuu prosessorista muisteineen ja ohjelmistoineen sekä lisäksi radiosta, antennista ja energialähteestä. Energialähteenä käytetään useasti tavallista paristoa. Verkossa täytyy olla vähintään kaksi laitetta, joista toinen toimii verkon koordinaattorina. Zigbee - verkot voivat sisältää enintään 65 536 laitetta. /14/

Yhteen Zigbee radiorajapintaan voidaan liittää loogisia laitepisteitä (endpoints), joiden tarkoituksena on mahdollistaa useiden erilaisten sovellusten liittäminen samaan Zigbee - laitteeseen. Laitepisteitä voi yhdessä laitteessa olla enimmillään 240 kappaletta. Laitepiste 255 on varattu levitysviestien lähettämiseen kaikille laitteille ja 0 määrittelee yleiset laiteominaisuudet. Laitepisteet 241 - 254 on varattu tulevaisuuden sovelluksia varten. /14/

Vaikka Zigbee - verkot voivat olla laajoja, niin silti verkkoon kytkeytyminen tapahtuu nopeasti. Verkkoon kytkeytyminen kestää alle 30 ms, sleep - tilasta aktiiviseksi herääminen kestää alle 15 ms ja lähetyksen aloittaminen alle 15 ms. Zigbee - verkko muodostuu tavallisesti kolmesta eri verkkolaitteesta, koordinaattorista, reitittimestä ja päätelaitteesta. /17/

4.1 Koordinaattori

Kaikissa Zigbee - verkoissa on oltava aina koordinaattori, riippumatta siitä minkälainen on verkon topologia. Koordinaattorin pääasiallinen tehtävä on verkon perustus sekä taajuuskanavan valinta. Kun nämä asiat on tehty, koordinaattori käynnistää verkon ja sallii muiden laitteiden kytkeytyä siihen. Koordinaattorin tehtäviin kuuluu reitittää tietoa verkon solmupisteiden välillä sekä hallita, ylläpitää ja valvoa verkon muiden laitteiden toimintaa. /10/

4.2 Reititin

Reitittimen pääasiallinen tehtävä Zigbee - verkoissa on tiedon välitys muiden laitteiden välillä. Se myös sallii muiden laitteiden liittyä itseensä. Puu- ja Mesh -topologiassa tarvitaan vähintään yksi reititin, jotta verkko voi toimia. Reititin on omatoiminen täyden toiminnan laite, joka kykenee keskustelemaan koordinaattorin, päätelaitteen sekä muiden reitittimien kanssa. /10/

4.3 Päätelaite

Päätelaite voi olla rajoitetun toiminnan laite RFD (Reduced Function Device) tai täyden toiminnan laite FDD (Full Function Device). Tällä menetelmällä voidaan edelleen optimoida laitteiden virrankulutusta ja käyttää virransäästötilaa hyödyksi, koska päätelaitteet toimivat yleensä akuilla. Päätelaitteet pystyvät lähettämään tietoja koordinaattorille. Ne pystyvät myös määrittelemään ovatko vastaanottamassa dataa sekä tämän jälkeen pyytää itselleen kuuluvan datan koordinaattorilta. /10/

5 ZIGBEE VERKON RAKENNE

Zigbee standardi on suunniteltu IEEE 802.15.4 langattoman standardin pohjalta ja se on kansainvälisen standardointiorganisaatio ISO:n OSI -mallin mukainen. Zigbee:n protokollapinon kehysrakenne on pyritty pitämään yksinkertaisena, kuitenkin siten, että paketti menee perille myös ruuhkaisessa verkossa.

ZigBee - laitteet liikennöivät joko beacon- tai non-beacon-tilassa. Beacon-kehystä käyttävä laite odottaa verkon koordinaattorilta herätepakettia, joka laukaisee datan lähetyksen. Herätepaketissa määritellään myös seuraavan paketin saapuminen ja laite voi mennä sleep-tilaan odotusajaksi, jolloin virran kulutus saadaan mahdollisimman pieneksi.

Non-beacon – kehystä käyttävä laite saa ulkopuolisen herätteen, esimerkiksi savun palohälyttimissä, joka laukaisee datan lähetyksen koordinaattorille.

Non-beacon – tilassa oleva laite ei voi mennä sleep - tilaan koska sen on kokoajan tarkkailtava antureitaan. /12/13/

5.1 Zigbee - verkossa tapahtuva liikenne

Zigbee - verkot muodostuvat monesti erilaisista liikennetyypeistä, jotka voidaan erotella toisistaan niille toisistaan poikkeavien tunnusomaisten piirteiden avulla.

ZigBee - verkossa olevat liikennetyypit ovat: jaksoittain, ajoittain sekä jatkuvasti tapahtuva datan lähettäminen. /13/

5.1.1 Jaksoittainen

Jaksoittaisessa liikenteessä laite lähettää toistuvasti tietyin aikaväleihin ja useasti myös vain erittäin pieniä datamääriä. Aikavälin kuinka useasti lähetys tapahtuu, määrää tavallisesti sovellus. Silloin kun verkossa on käytössä beacon - kehukset, joihin laite on synkronoitunut, lähetetään data nopeasti, jonka jälkeen laite menee uudelleen sleep - tilaan. /13/

5.1.2 Ajoittainen

Ajoittainen laitteiden välinen liikennöinti tapahtuu epäsäännöllisesti.

Lähettämisessä ei käytetä beaconeita ja käsky datan lähetyksen aloittamiseen tulee joko sovellukselta itseltään tai ulkoiselta ärsykkeeltä. /13/

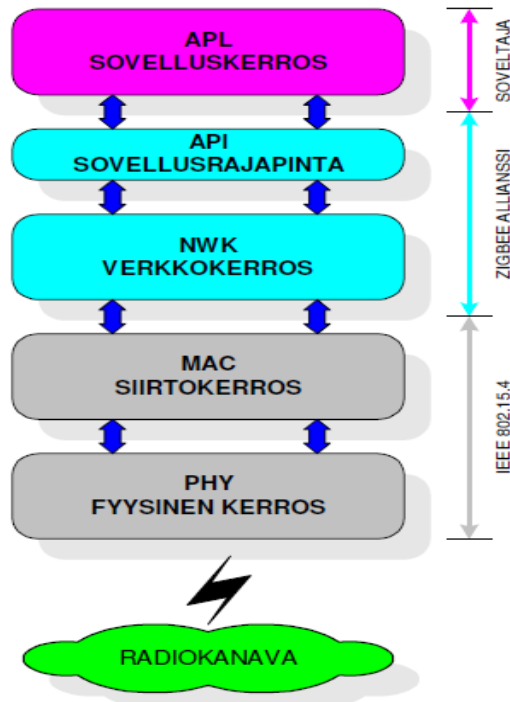
5.1.3 Jatkuva

Jatkuvassa datan lähetyksessä koordinaattori takaa sovelluksille palvelun laatua allokoimalla niille superframe:stä varattuja aikavälejä. Näiden varattujen aikavälien avulla sovellukset pystyvät varmistamaan, että siirtotie on vapaana ja, että lähetys tapahtuu reaaliaikaisesti. /13/

5.2 ZigBee verkon protokollapino

Zigbee standardin protokollapino yksinkertaisuudessaan on kuvattuna alla olevassa kuvassa 3. Protokollapinossa jokainen kerros tarjoaa palveluja ainoastaan välittömästi ylemmälle kerrokselle ja käyttää vain välittömästi alemman kerroksen tarjoamia palveluja. /13/

IEEE 802.15.4 standardi määrittelee Zigbee:n kaksi alinta kerrosta eli fyysisen kerroksen sekä siirtoyhteyserroksen. Loput protokollapinon kerrokset on määritelty Zigbee - allianssin toimesta Zigbee standardissa. Näihin kuuluvat verkkokerros ja sovelluskerros. /5/9/



Kuva 3 Zigbee protokollapinon rakenne yksinkertaisuudessaan /17/

PHY (Physical) eli fyysinen kerros on protokollapinon alin kerros. Fyysisen kerroksen tehtävänä on tarjota rajapinta MAC-kerroksen ja fyysisen median eli radiokanavan välille sekä määrittellä käytössä olevat radiokanavat ja taajuudet.

/5/7/9/

MAC (Media Access Control) eli siirtokerros sijaitsee protokollahierarkiassa heti fyysisen kerroksen yläpuolella ja toimii täten rajapintana fyysisen kerroksen ja siirtokerroksen välillä.

MAC kerros hallitsee radiokanavan siirtokapasiteettia ja hoitaa kaiken kommunikoinnin varsinaisen signaalin lähetyksen ja vastaanoton välillä. /5/

NWK (Network Layer) eli verkkokerros. Verkkokerroksen pääasiallinen tehtävä on huolehtia verkon hallinnoinnista. Zigbee - laitteet voivat muodostaa dynaamisen, omatoimisesti jatkuvasti muuttuvan, itsestään järjestyvän ja korjautuvan verkon. Verkon hallinnoimiseksi verkkokerros pitää jatkuvasti kirjaa verkkoon liittyvistä ja siitä poistuvista laitteista. /5/

APL (Application Layer) eli sovelluskerros. Sovelluskerrokseen kirjoitetaan sovelluksen tarvitsema ohjelmakoodi, laiteajurit ja kaikki muu mitä sovellus tarvitsee. Sovelluskerros määrittelee myös tieto- ja viestityypit Zigbee - sovellusprofiiliin (*Application Profile*) luomiseen. Eri valmistajien laitteiden yhteen toimivuuden varmistamiseksi Zigbee - allianssi suunnittelee useiden sovellusprofiilien määrittämistä. Nykyään kukin sovellusprofiili kattaa yhden toiminnallisen laiteluokan. /5/

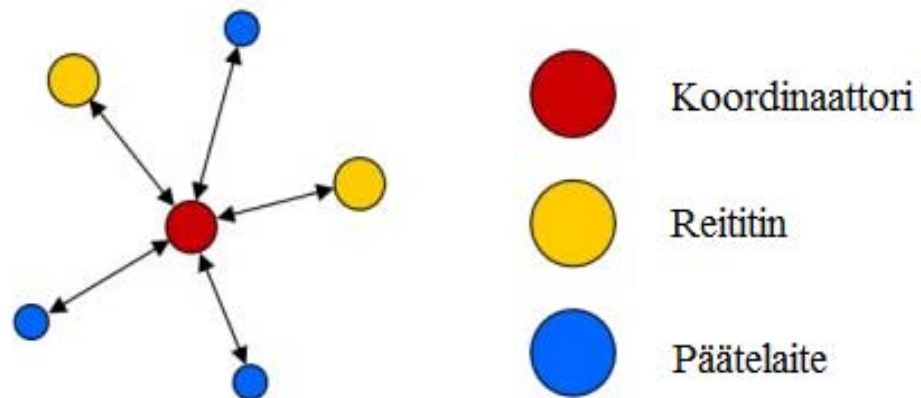
5.3 Zigbee verkkotopologiat

Verkkotopologialla tarkoitetaan verkon rakennetta eli tapaa, millä verkon laitteet ovat yhdistettynä toisiinsa.

Zigbee tekniikassa on käytössä kolme eri verkkotopologiaa, jotka ovat tähti, puu ja mesh. Nämä topologiat määrittävät verkon rakenteen sekä sen millä tavalla verkossa kulkeva liikenne muodostuu laitteiden välillä.

Verkossa olevat laitteet pystyvät omatoimisesti muodostamaan verkkorakenteensa ja ne voivat tarvittaessa muuttaa koko verkon rakennetta. /10/

5.3.1 Tähti



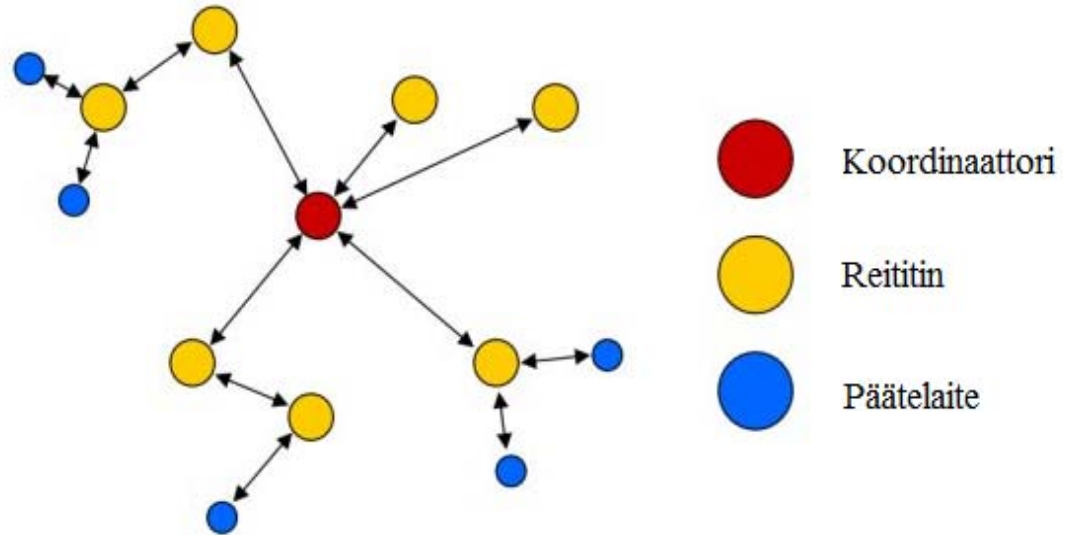
Kuva 4 Tähtitopologia /10/

Tähtitopologia on Zigbee topologioista kaikista yksinkertaisin. Verkossa tapahtuva liikenne on kaikista eniten rajoitettua, koska tähtitopologia muodostuu yhdestä koordinaattorista ja yhdestä tai useammasta päätelaitteesta. Kuvassa 4 on esitettyä Zigbee verkon tähtitopologia yksinkertaisuudessaan.

Päätelaitteet pystyvät kommunikoimaan vain koordinaattorin kanssa, jolloin kaikki verkossa tapahtuva verkkoliikenne kulkee koordinaattorin kautta.

Tähtitopologian huonona puolena on mahdollinen yhteyden katkeaminen. Verkkoliikenne kulkee aina koordinaattorin kautta ja tämän takia vaihtoehtoisia reittejä verkossa tapahtuvan liikenteen välittämiseen ei ole. Tämä voi aiheuttaa verkon ruuhkautumisen ja koordinaattorista saattaa muodostua pullokaula. /11/

5.3.2 Puu

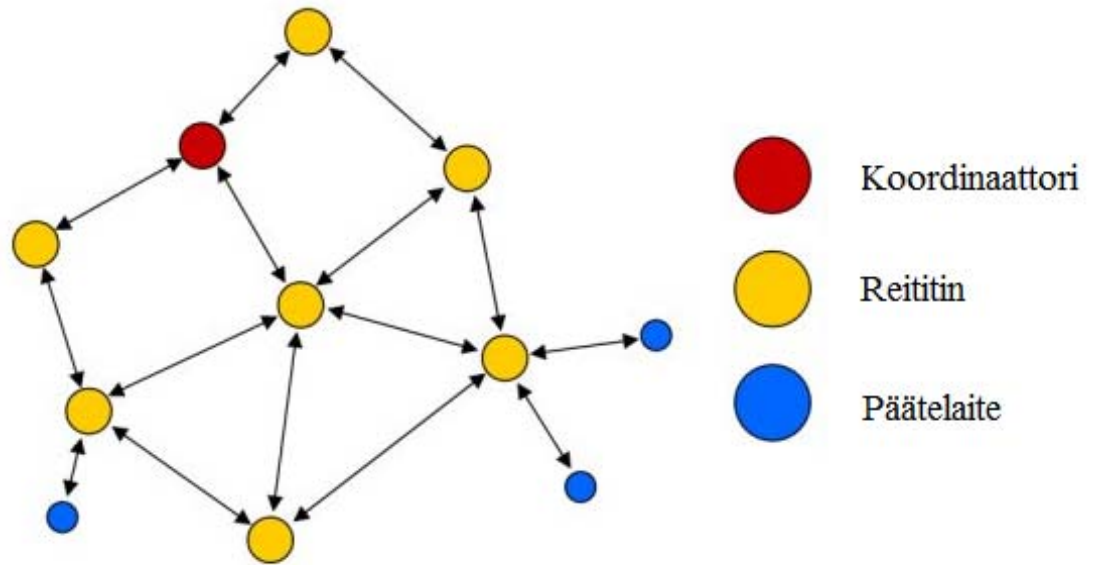


Kuva 5 puutopologia /10/

Puutopologia, joka on esitetty kuvassa 5, koostuu koordinaattorista, joka hoitaa verkon muodostamisen sekä useasta tähtimäisestä verkosta, jotka on yhdistetty reitittimien avulla laajaksi yhtenäiseksi verkkokokonaisuudeksi. Jokaista tähtimäistä verkkoa varten on yksi reitittimenä toimiva laite, joka on saanut koordinaattorilta luvan koordinoita tiettyä tähtimäistä verkkoa.

Puutopologiassa päätelaitteet kommunikoivat reitittimien välityksellä. Tällä tavalla koordinaattorin kautta kulkeva verkkoliikenne vähenee ja verkko ei ruuhkaudu samalla tavalla kuin tähtitopologiassa. Puutopologiassa verkkoliikenne ei muodostu aina samasta reitistä vaan siinä verkkoelementit pyrkivät löytämään parhaan mahdollisen yhteyden toisten laitteiden kanssa. /12/

5.3.3 Mesh



Kuva 6 Mesh - topologia /10/

Mesh - topologiassa kaikki verkkoelementit voivat kommunikoida suoraan toistensa kautta, muodostaen näin monimutkaisen verkkotopologian. Mesh - verkossa tapahtuva liikenne voidaan toteuttaa useita eri reittejä myöten. Tämä lisää tiedonsiirron turvallisuutta. Mesh - verkossa verkkoelementtien täytyy kyetä huolehtimaan yhteydestä toisiin verkkoelementteihin, jonne ei ole suoraa radioyhteyttä. Kuvassa 6 on esitetty Mesh - topologian rakenne sekä verkon mahdolliset siirtoyhteydet.

Mesh - topologian hallinta on paljon monimutkaisempaa kuin tähtiverkon hallinta. Laitemäärän kasvaessa kasvaa signaalintiliikenteen määrä räjähdysmäisesti. /12/

5.4 Zigbee - verkon profiilit

Zigbee profiilit ovat sopimusperusteinen sarja viestejä, jotka määrittelevät jokaisen Zigbee verkossa olevan laitteen sovelluskohteen. Zigbee profiilien tehtävänä ei kuitenkaan ole toimia työkaluna protokollapinon käsittelyssä, vaan profiilit koskevat enemmänkin protokollapinossa käytettäviä asetuksia, riippuvuuksia ja tietoturva-asetuksia. /14/

5.4.2 Sovellusprofiili

Sovellusprofiili määrittelee millaisia viestejä laitteiden välillä kulkee. Laittevalmistaja voi tehdä oman profiilin tai käyttää jotakin valmista julkista profiilia. Laitteelle tehdään sertifiointitesti, jotta voidaan olla varmoja laitteen yhteensopivuudesta muiden Zigbee laitteiden kanssa. Samalla varmistutaan myös siitä, että laitteet eivät häiritse toisiaan. /12/

6 TIETOTURVA

Tietoturva on langattomissa verkoissa aina merkittävä ja kysymyksiä herättävä asia. Varsinkin, jos tekniikkaa käytetään teollisuuden tai terveydenhuollon laitteisiin, niin ulkopuolisilla ihmisillä tai laitteilla ei saa olla mahdollisuutta päästä keskeyttämään tai väärentämään lähetettyjä viestejä ja ohjauksia. /13/

Zigbeessä turvallisuuspalveluja sisäänpäin tuleville ja ulospäin lähteville kehyksille tarjoaa MAC-kerros, silloin kun viestit lähetetään yhden hypyn (single-hop) päähän. Monen hypyn (multiple hops) tapauksessa Zigbee puolestaan luottaa siihen, että ylemmät kerrokset (esim. verkkokerros) hoitavan salauksen. /5/

Zigbee - standardissa on käytössä kolme eri tietoturvasoa. Ensimmäisessä tietoturvasosassa ei ole ollenkaan tietoturvaratkaisua. Toisella tasolla käytetään pääsyylistoja (ACL). Kolmannella tietoturvasosalla käytetään symmetristä salausta siirrettävän tiedon salaamiseen (algoritmina eli salausavaimena AES). /5/17/

6.1 Salaus

Zigbee - standardissa peruslähtökohtana on se, että käytettävän salauksen purkaminen on mahdotonta reaaliaikaisesti tai ennen kuin tieto on vanhentunut. Yhdellä Zigbee laitteella voi olla eri avain kutakin sen pääsyylistalla esiintyvää laitetta kohti, jolloin jokainen kahdenvälinen yhteys voidaan tarvittaessa salata eri avaimella. /5/17/

Zigbee -standardi määrittelee käytettäväksi salausmenetelmäksi 128-bittisen, symmetrisen AES - lohkosalauksen, joka on yhdysvaltalaisen viraston, NIST:n, vuonna 2001 julkaisema standardi sähköisen tiedon salaamiseen.

AES - lohkosalauksessa voi olla 128, 192 tai 256 bittiä, mutta Zigbee-laitteet käyttävät vain 128-bittistä salausta. /5/17/

7 TULEVAISUUS

Zigbee:n lähtökohtana on valmistaa vähävirtainen, tietoturvallinen ja halpa tiedonsiirtotekniikka. Näiden laadukkaiden lähtökohtien vuoksi Zigbee - tekniikan tulevaisuus näyttää varsin hyvältä, vaikka sen kanssa samalla taajuusalueella löytyy useita kilpailijoita.

Zigbee:llä on etuna se, että sen valmistajakohtaisuus ei ole rajoitettua, toisin kuin monilla muilla kilpailijoilla.

Lisäksi Zigbee:n kehityksessä on mukana suurimäärä teollisuuden yrityksiä sekä piirien valmistajia. Tästä johtuen tekniikan kehitys tulee varmasti jatkumaan ja uusia mahdollisia käyttökohteita tulee löytymään vielä paljon lisää.

Proessori - lehden lähteiden mukaan vuonna 2005 myytiin lähes 2,5 miljoonaa Zigbee -piiriä. Markkinoiden koko oli noin 11,2 miljoonaa dollaria. Vuonna 2006 ylitettiin 10 miljoonan toimitetun piirin raja ja samana vuonna arvailtiin, että markkinat tulisivat kasvamaan lähivuosina.

Tutkimuslaitos In-Stat ennustaa, että vuoden 2011 loppuun mennessä markkinoille on tuotu jo 120 miljoonaa Zigbee - solmua.

In-Stat näkee silti, että tekniikan tulevaisuus on yhä hämärän peitossa, koska tulevaisuudessa tullaan varmasti kehittämään vastaavia pienen tehonkulutuksen radiotekniikoita, jotka pystyvät kilpailemaan Zigbee:n kanssa.

Tutkimuslaitos In-Stat toteaa myös, että Zigbee:n uusimman Pro standardin myötä, tekniikkaa tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään erityisesti kotiautomaatioissa eli valaistus- ja vastaavien järjestelmien ohjaamisessa. /1/

Jatkossa Zigbee standardi tulee todennäköisesti parantamaan tekniikassa käytettävää AES - salausta, koska tulevaisuudessa kuitenkin salauksien purkumenetelmät kehittyvät ja näin ollen turvallisuusriskit kasvavat.

Tulevaisuudessa pyritään varmasti kehittämään myös piirien integrointia. Integroinnin tarkoituksena on saada prosessori muisteineen integroitua radion kanssa samalle piirille. Tällöin Zigbee - laite voi yksinkertaisimmillaan koostua yhdestä piiristä sekä muutamasta passiivisesta oheiskomponentista, antennista ja tarvittaessa paristosta tai muusta virranlähteestä. Mikäli tällainen kehitystyö onnistuu, voidaan laitteista saada mikroskooppisen pieniä.

8 LOPPUSANAT

Zigbee - verkkoa tutkiessani verkon tekniikka ja rakenne olivat melko yksinkertaisia ja ne pohjautuivat vahvasti jo käytössä oleviin standardeihin. Daintreen - sensoriverkkoanalysointin käyttö oli myös melko helppoa. Analysointin avulla pystyi näkemään suhteellisen paljon verkossa tapahtuvasta liikenteestä sekä sai hyvän käsityksen siitä, miten langaton sensoriverkko muodostuu ja toimii.

Mikäli Zigbeeen kehitys pysyy samanlaisena eikä uusia tekniikoita tule sitä korvaamaan, uskon, että tulevaisuudessa Zigbee - tekniikka tulee varmasti yleistymään kodin automaatiossa ja ihmisten jokapäiväisessä elämässä.

LÄHDELUETTELO

Lehdet

1. Tietokone-lehden artikkeli 1/2005
2. Tietokone-lehden artikkeli 10/2003

Verkkosivut

3. Wikipedia [viitattu 24.4.2009]
Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
4. IT-viikko [viitattu 24.4.2009]
Saatavissa: <http://www.itviikko.fi/arkisto/2004/10/14/ethernetin-keksija-uskoo-nyt-zigbeehen/20044954/7>
5. Tampere University of Technology [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: http://ae.tut.fi/research/AIN/Publications/ZigBee_BT1.2_Silvola.pdf
6. Wapedia [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: <http://wapedia.mobi/fi/ZigBee#2>.
7. Proessori [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=49591>
8. Microdata [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: http://www.microdata.fi/pdf/Microdata/Microdata_Digi_Drop-in_Networking.pdf

9. Savonia [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: http://wirelessplatform.savonia-amk.fi/index.php?option=com_content&task=category§ionid=5&id=21&Itemid=41
10. Jennic [viitattu 13.5.2009]
Saatavissa: <http://www.jennic.com/>
11. xlGain [viitattu 15.5.2009]
Saatavissa: <http://www.xlgain.com/antti/Loppuraportti.pdf>
12. Lappeenranta University of Technology [viitattu 15.5.2009]
Saatavissa: <http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/ht/tiedostot/ZigBee%201.pdf>
13. Helsingin yliopisto [viitattu 15.5.2009]
Saatavissa:
<http://www.cs.helsinki.fi/u/louhiran/opiskelu/jtkk/Teht%E4v%E4%205a.pdf>
14. Savonia [viitattu 2.6.2009]
Saatavissa: http://wirelessplatform.savonia-amk.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=53
15. TTK [viitattu 2.6.2009]
Saatavissa: http://users.tkk.fi/virranko/sensor_networks/sjoblom1.pdf
16. Oulun seudun ammattikorkeakoulu [viitattu 2.6.2009]
Saatavissa: www.oamk.fi/~kajyrkka/tiedonsiirto/ZigBee.doc
17. Seinäjoen teknologiakeskus Oy [viitattu 2.6.2009]
Saatavissa: http://www.stoy.fi/docs/w7j-ZigBee_lopullinen.pdf