

Evaluatie van ZigBee™-technologie als communicatieprotocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.



Onderwerp:

Het toetsen van ZigBee technologie aan de eisen die worden gesteld aan communicatie bij signalering en aansturing van lichtarmaturen.

AFSTUDEERVERSLAG

Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Opleiding Elektrotechniek / Telematica DT
Afstudeeropdracht Atlantik Elektronik GmbH
Yildirim Gökay, studentnummer 1130956
Begeleider: dhr. Joop van Zeeland
Veenendaal, 07 mei 2007

ZigBee™ is een geregistreerde handelsnaam van de ZigBee Alliance.



Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Oudenoord 330
3513 EX Utrecht

Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel of procédé in dit verslag geschreven.

Vermenigvuldiging zonder toestemming van zowel de opleiding E/T van de Hogeschool Utrecht als de opdrachtgever is niet toegestaan.

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	1 Inleiding	4
Hoofdstuk	2 Onderzoeksmethode	6
Hoofdstuk	3 Overzicht ZigBee	7
Paragraaf	3.1 Definitie en kenmerken van ZigBee	7
Paragraaf	3.2 Wire-less netwerk technologieën	7
Paragraaf	3.2.1 ZigBee, WiFi™ en Bluetooth™ naast elkaar	8
Paragraaf	3.3 De ZigBee architectuur	9
Paragraaf	3.3.1 Topologieën	9
Paragraaf	3.3.2 De protocol-stack	10
Paragraaf	3.3.3 De framestructuur	13
Paragraaf	3.3.4 Channel access en routing	14
Paragraaf	3.3.5 Beveiliging	14
Paragraaf	3.4 Samenvatting/Conclusie.	15
Hoofdstuk	4 Markt voor ZigBee technologie	16
Paragraaf	4.1 Waarom ZigBee?	16
Paragraaf	4.2 Toepassingsgebieden	16
Paragraaf	4.2.1 Domotica	16
Paragraaf	4.2.2 Industriële automatisering	16
Paragraaf	4.2.3 Gebouw automatisering.	17
Paragraaf	4.2.3.1 Praktijkvoorbeelden	17
Paragraaf	4.2.3.1.1 Lichtarmatuur	17
Paragraaf	4.2.3.1.2 Toegangscontrole	17
Paragraaf	4.3 Berekening datastroom	18
Paragraaf	4.4 Samenvatting/Conclusie.	18
Hoofdstuk	5 Veldonderzoek	19
Paragraaf	5.1 Gereedschappen.	19
Paragraaf	5.1.1 Meetwaarden nodes	22
Paragraaf	5.2 Bereik ZigBee in open veld	23
Paragraaf	5.3 ZigBee-netwerk in een praktijksituatie.	24
Paragraaf	5.4 Samenvatting/Conclusie.	26
Hoofdstuk	6 Lichtarmaturen	27
Paragraaf	6.1 Huidige methoden voor signalering en aansturing.	27
Paragraaf	6.1.1 1-Wire Net	27
Paragraaf	6.1.2 Modbus	28
Paragraaf	6.1.3 DALI	28
Paragraaf	6.2 Overzicht eisen	28
Paragraaf	6.3 Kosten	29
Paragraaf	6.3.1 ZigBee	29
Paragraaf	6.4 Samenvatting/Conclusie	31
Hoofdstuk	7 Conclusie	32
Hoofdstuk	8 Aanbevelingen	33
Hoofdstuk	9 Samenvatting	34
Afkortingen lijst		35
Referenties		36
Bijlagen		37

Hoofdstuk 1 Inleiding

Voor u ligt mijn afstudeerverslag (scriptie) met als titel “Evaluatie van ZigBee™-technologie als communicatie protocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.”.

ZigBee wordt als een handelsnaam gebruikt voor een wireless-communicatie protocol-stack.

Deze opdracht¹ wordt uitgevoerd bij het bedrijf Atlantik Elektronik GmbH².

Het doel van het onderzoek is het toetsen van ZigBee-technologie aan de eisen die worden gesteld aan communicatie voor signalering en aansturing bij lichtarmaturen.

Gefocusseerd moet worden op de analyse van de netwerkkarchitectuur en de identificatie van mogelijke problemen.

De motivatie voor dit onderzoek is kennis te verwerven over ZigBee-technologie om hiermee deze technologie aan bedrijven te kunnen presenteren die elektrotechnische producten ontwikkelen. Het belang hiervan voor Atlantik Elektronik GmbH is dat met deze presentaties de ZigBee technologie meer bekendheid krijgt wat op termijn kan leiden tot verkoop van de door haar gevoerde ZigBee IC's³.

Het afstudeerverslag begint met een introductie en de achtergrond van ZigBee. In de daarop volgende paragrafen worden de technische specificaties behandeld.

Verder wordt de beoogde markt voor ZigBee beschreven en verslag gedaan van een veldonderzoek. Hierna worden de eisen voor aansturing van lichtarmaturen in kaart gebracht en wordt de financiële haalbaarheid om ZigBee in te zetten behandeld.

Aan de hand van de beschreven kenmerken van ZigBee-technologie, de gestelde eisen aan communicatie bij lichtarmaturen en de financiële factoren zal het rapport worden afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

Centrale vraag in dit rapport is:

- Kan ZigBee als communicatie technologie gebruikt worden als aansturing voor lichtarmaturen?

Voor dit onderzoek wil ik antwoorden vinden op de onderstaande vragen:

- Wat is ZigBee-technologie?
- Wat zijn de kenmerken van ZigBee-technologie?
- Welke andere vergelijkbare wireless-communicatie technologieën zijn er?
- Waarom ZigBee-technologie?
- Op welke markten richt Zigbee-technologie zich?
- Wat zijn de drie grootste toepassingsgebieden van Zigbee-technologie?
- Welke eisen worden gesteld aan communicatie en signalering bij de aansturing van lichtarmaturen?
- Wat is de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen?
- Welke mogelijke problemen kunnen zich voordoen bij de toepassing van ZigBee-technologie in de praktijk?

1 In bijlage 1 vindt u een kopie van het afstudeeropdrachtformulier waarin de opdracht ook omschreven is.

2 In bijlage 2 vindt u een kopie van het Voorbereidend afstudeerverslag waarin het bedrijf Atlantik Elektronik GmbH is beschreven.

3 IC = Integrated Circuit ofwel een geïntegreerde schakeling. Dit is een elektronische schakeling die niet bestaat uit losse componenten op een Printed Circuit Board (PCB) of printplaat, maar waarin de schakeling en alle componenten geïntegreerd gefabriceerd zijn op een plakje silicium.

Het eindproduct is een rapport waarin:

- de ZigBee-technologie is beschreven;
- de markten waarop ZigBee zich richt is beschreven;
- de drie grootste toepassingsgebieden zijn beschreven;
- de eisen van communicatie voor aansturing van lichtarmaturen is beschreven;
- is beschreven in hoeverre ZigBee voldoet aan de gestelde eisen;
- grenzen voor ZigBee-technologie als oplossing worden gegeven;
- aanbevelingen worden gedaan en oplossingen worden aangedragen voor eventueel geconstateerde problemen bij toepassing in de praktijk.

Hoofdstuk 2 Onderzoeksmethode

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de methode praktijkonderzoek en literatuuronderzoek.

Voor dit onderzoek hebben technici die ZigBee in de praktijk hebben toegepast een tweetal voorbeeld projecten omschreven en geadviseerd over de mogelijke knelpunten bij toepassing van ZigBee in de praktijk. Ook zijn veldmetingen uitgevoerd naar het bereik van ZigBee.

De technische informatie is te vinden in de ZigBee Specifications⁴ van de ZigBee Alliance⁵, (onderzoeks)rapportages en publicaties in vaktijdschriften.

Voorts is op het internet met behulp van zoekmachines veel informatie te vinden over ZigBee.

Bij het verzamelen van de aangeboden informatie is gefocust op de vragen:

- Wat is ZigBee-technologie?
- Wat zijn de kenmerken van ZigBee-technologie?
- Welke andere vergelijkbare wireless-communicatie technologieën zijn er?
- Waarom ZigBee-technologie?
- Op welke markten richt Zigbee-technologie zich?
- Wat zijn de drie grootste toepassingsgebieden van Zigbee-technologie?
- Welke eisen worden gesteld aan communicatie en signalering bij aansturing van lichtarmaturen?
- Wat is de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen?
- Welke mogelijke problemen kunnen zich voordoen bij de toepassing van ZigBee-technologie in de praktijk?

Atlantik Elektronik GmbH heeft als technologie distributeur via haar fabrikanten toegang tot technici met ervaring in het implementeren van ZigBee in de praktijk en gereedschappen zoals ZigBee hard- en software en meetapparatuur. Daarom is voor deze methode gekozen.

4 De ZigBee Specifications is een 426 pagina tellend document en om praktische redenen niet als bijlage toegevoegd.

De ZigBee Specifications zijn te downloaden vanaf de website van de ZigBee Alliance.

<http://www.zigbee.org/en/index.asp>

5 De ZigBee Alliance is een samenwerkingsverband van bedrijven, opgericht in 2002, die betrouwbare, goedkope, energiezuinige en draadloos genetwerkte signalerings- en controleproducten, gebaseerd op een wereldwijd open standaard, mogelijk willen maken.

<http://www.zigbee.org/en/index.asp>

Hoofdstuk 3 Overzicht ZigBee

Paragraaf 3.1 Definitie en kenmerken van ZigBee

Definitie

ZigBee is een gepubliceerde specificatie van communicatieprotocollen ontworpen om gebruik te maken van kleine, zuinige digitale radio's gebaseerd op de IEEE 802.15.4 standaard voor Wireless Personal Area Networks (WPAN's).

Kenmerken

- Laag energieverbruik;
- Lage datasnelheden;
- Lage kosten.

De ZigBee standaard is ontwikkeld omdat er een behoefte is aan draadloze sensornetwerken. De bestaande architecturen zijn hierop minder goed geëent. De ontwikkeling is gedaan door de Zigbee Alliance en wordt nog steeds voortgezet.

De ZigBee-architectuur is een open standaard, dat in december 2004 geratificeerd is door de ZigBee Alliance. Op dit moment worden door marktpartijen (leden van de ZigBee Alliance) ZigBee-toepassingen ontwikkeld.

Paragraaf 3.2 Wireless netwerk technologieën

Er is een veelheid aan draadloze netwerkarchitecturen te onderscheiden. Hieronder zijn enkele technologieën genoemd, die zoals ZigBee, bedoeld zijn als lokale netwerken (WLAN /WPAN) ⁶.

De volgende standaarden voor lokale netwerken zijn te onderscheiden:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| • WiFi | IEEE 802.11a / b / g; |
| • IR Wireless | IEEE 802.11; |
| • Hiperlan2 | IEEE 802.11; |
| • Near Field Magnetic | IEEE 802.11; |
| • UHF | IEEE 802.11; |
| • Bluetooth | IEEE 802.15.1; |
| • UWB | IEEE 802.15.3a; |
| • Wireless USB | IEEE 802.15.3a; |
| • ZigBee | IEEE 802.15.4. |

Een aantal van de bovengenoemde standaarden opereren in dezelfde frequentieband. Bij het toepassen van meerdere van deze standaarden in dezelfde omgeving dient men dus rekening te houden met mogelijke interferentie.

⁶ WLAN = Wireless Local Area Network. WPAN = Wireless Personal Area Network.

Beschrijvingen van de IEEE 802.11 en IEEE 802.15 standaarden zijn te vinden op de website van de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), www.ieee.org.

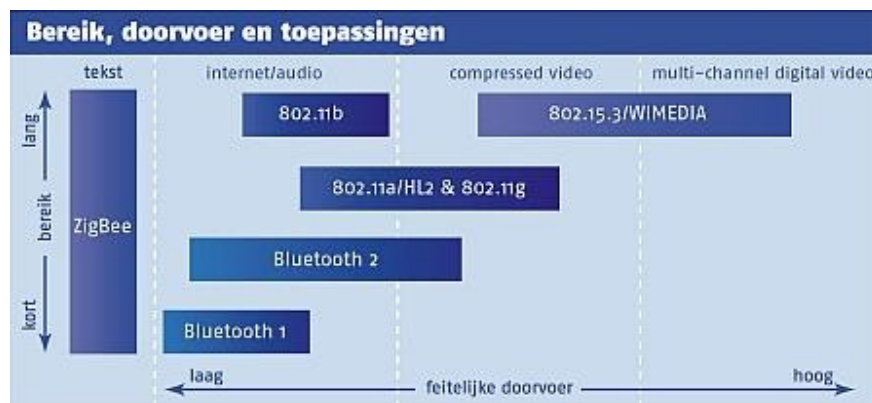
Paragraaf 3.2.1 ZigBee, WiFi™ en Bluetooth™ naast elkaar

In de tabel hieronder ziet u een vergelijking van de drie draadloze standaarden.

Kenmerken	WiFi IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Batterijduur	Uren	Dagen	Jaren
Complexiteit	Zeer complex	Complex	Eenvoudig
Nodes	32	7	64000
Vertraging	Tot 3 seconden	Tot 10 seconden	Tot 30 milli seconden
Bereik	100 m	10m	70m-300m
Uitbreidbaarheid	Roaming mogelijk	Nee	Ja
Doorvoersnelheid	11 Mbit/s	1 Mbit/s	250 Kbit/s
Beveiliging	SSID, 64 bit, 128 bit	64 bit, 128 bit	128 bit AES, aanvulling mogelijk door gebruiker in de Application Layer

Tabel 1: Vergelijking drie draadloze standaarden⁷

Batterijduur: Het relatieve stroomverbruik t.o.v. elkaar.
 Complexiteit: De relatieve complexiteit van de netwerkarchitectuur.
 Nodes: Theoretisch aantal mogelijke nodes per master.
 Vertraging: Aanmeldtijd van de node bij de master.
 Bereik: Draadloos bereik
 Uitbreidbaarheid: Netwerk verlengbaar
 Doorvoersnelheid: Bandbreedte
 Beveiliging: Beveiligingsalgoritmen.



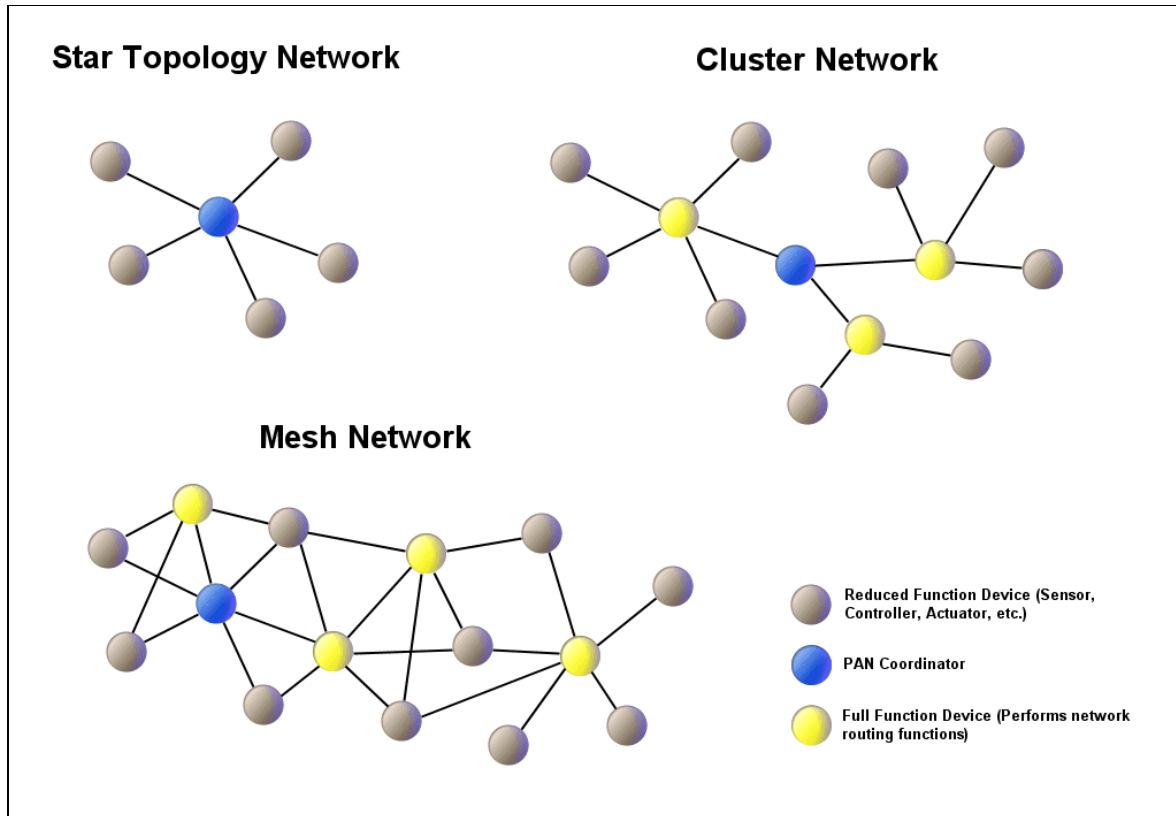
Figuur 1: Overzicht relatieve bereik, doorvoer en toepassingen⁷

⁷ Bron: Artikel van Jozef Schildermans "Draadloos sensorennetwerk ZigBee bestuurt alles." in Computable nr. 14, op 8 april 2005 (bijlage 3).

Paragraaf 3.3 De ZigBee architectuur

Paragraaf 3.3.1 Topologieën

De Zigbee-architectuur ondersteunt drie soorten topologieën, namelijk: de ster-, de cluster-tree- en de mesh-topologie.



Figuur 2: ZigBee netwerk topologieën⁸

Ster-topologie:	Eén node is het centrale knooppunt voor alle nodes.
Cluster-tree topologie:	Netwerk van meerdere ster-topologieën.
Mesh-topologie:	Meerdere verbindingen per node.

De ster-topologie is de meest eenvoudige vorm. Hierbij vormt één van de nodes het centrale knooppunt. Daar waar behoefte is aan een groot netwerk worden veelal diverse sternetwerken aan elkaar gekoppeld, wat resulteert in een cluster-tree netwerk. Beide topologieën hebben als nadeel één of meerdere single point of failures te herbergen: de centrale node(s).

In omgevingen waar een hoge betrouwbaarheid wordt geëist kan dan ook het beste een mesh-netwerk worden ingericht. Een dergelijk netwerk biedt namelijk de mogelijkheid van alternatieve routes. In dat geval kan een netwerk, op het moment dat een link down is, toch grotendeels blijven functioneren. Daarnaast is een dergelijk netwerk in staat, in het geval een knooppunt is verwijderd c.q. down is, zichzelf te herconstrueren.

Van deze drie topologieën biedt de mesh-technologie de grootste betrouwbaarheid.

⁸ Bron: http://www.stg.com/wireless/ZigBee_netw.html (bijlage 4).

In de ZigBee-architectuur zijn drie verschillende device typen gedefinieerd:

- PAN (Personal Area Network) coördinator;
- Full Function Device (FFD);
- Reduced Function Device (RFD).

De PAN coördinator is, van de bovengenoemde typen, het meest verfijnd. De PAN coördinator bouwt globale kennis van het netwerk op, geeft adressen en coördineert de opbouw van het netwerk als nodes in het netwerk opgenomen worden en het netwerk verlaten. De PAN coördinator heeft meer geheugen en rekenkracht nodig dan de andere twee typen.

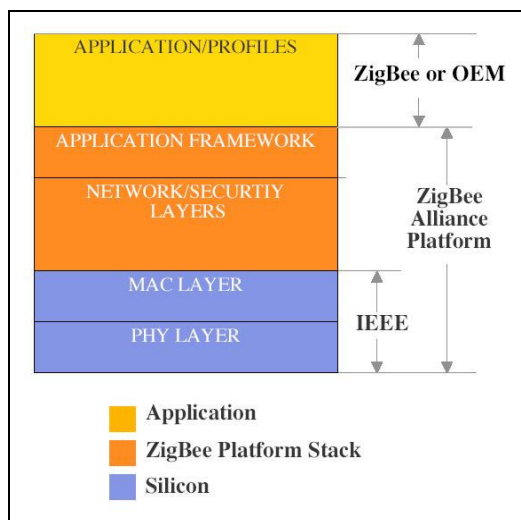
De Full Function Device (FFD) ondersteunt alle functies en karakteristieken, zoals die in de ZigBee-standaard gespecificeerd zijn. Een FFD is wanneer het daartoe wordt geconfigureerd, een PAN coördinator. Bij voldoende geheugen en rekenkracht vervult een FFD router functies.

De Reduced Function Device (RFD) heeft een beperkte functionaliteit (beschreven in de ZigBee-standaard). De RFD komt vooral voor in de apparaten die op het ZigBee-netwerk aan de rand zijn aangesloten.

Paragraaf 3.3.2 De protocol-stack

De Zigbee protocol stack bestaat uit vijf lagen (zie figuur 3), namelijk:

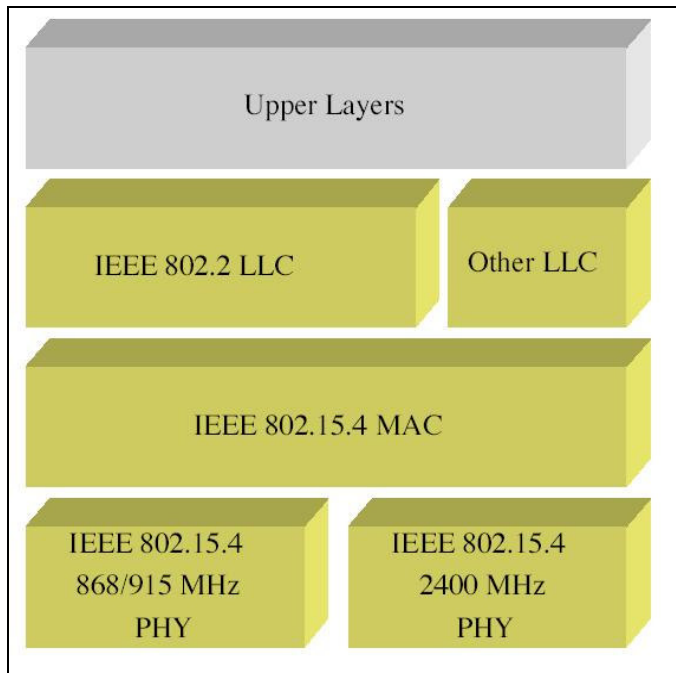
- Applicatie laag;
- Applicatieframe laag;
- Netwerk- en beveiligingslaag;
- Media-access laag (MAC);
- Fysieke laag (PHY);



Figuur 3: ZigBee protocol stack⁹

De fysieke laag (PHY) en de media-access laag (MAC) zijn gedefinieerd in de 802.15.4 standaard, welke is ontwikkeld door het Institute of Electrical and Electronics Engineers. De daarboven liggende lagen zijn door de Zigbee Alliance gedefinieerd. IEEE 802.15.4 is onderdeel van de IEEE 802 familie van protocollen en heeft de onderstaande globale architectuur.

⁹ Bron: Ember Corporation ZigBee Solutions presentatie (bijlage 5).



Figuur 4: IEEE 802.15.4 architectuur¹⁰

De globale eigenschappen van de 802.15.4 standaard zijn:

- doorvoersnelheid van 250 Kbps, 40 Kbps en 20 Kbps;
- ondersteuning voor low-latency apparaten;
- ster of Peer-to-Peer netwerk;
- CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance) kanaal toegang;
- dynamische adressering;
- volledig handshaked protocol voor transfer betrouwbaarheid;
- laag energieverbruik;
- werkfrequenties:
 - 16 kanalen in de 2.4GHz ISM band
 - 10 kanalen in de 915MHz ISM band
 - 1 kanaal in de Europese 868MHz band.

De netwerk- en beveiligingslaag heeft de volgende functies:

- routing van de frames;
- diverse aspecten aangaande de netwerktopologie;
- beveiliging op netwerkniveau.

De netwerk- en beveiligingslaag ondersteunt de ster-, de cluster-tree- en de mesh-topologieën.

10

Bron: IEEE 802.15.4 Tutorial presentatie van Jose Gutierrez, 4 Januari 2003, Eaton Corporation (bijlage 6).

De applicatie framelaag biedt de service die het mogelijk maakt dat de applicaties met de netwerkgeoriënteerde lagen (laag 1 t/m 3) kunnen communiceren.

De applicatie framelaag heeft de volgende functies:

- message formatting;
- multiplexing;
- afhandelen van de applicatiebeveiliging.

Op de applicatielaag bevinden zich de feitelijke applicaties. Op deze laag speelt het ZDO-object (Zigbee Device Objects) een belangrijke rol. Aan de hand van het ZDO-object wordt het profiel van een device vastgelegd.

De applicatielaag heeft de volgende functies:

- Vastleggen deviceprofiel;
- Biedt de service benodigd voor de implementatie van applicaties.

Een gedetailleerde beschrijving van de Zigbee-stack kunt u vinden in het artikel *Home networking with Zigbee* van Mikhail Galeev¹¹.

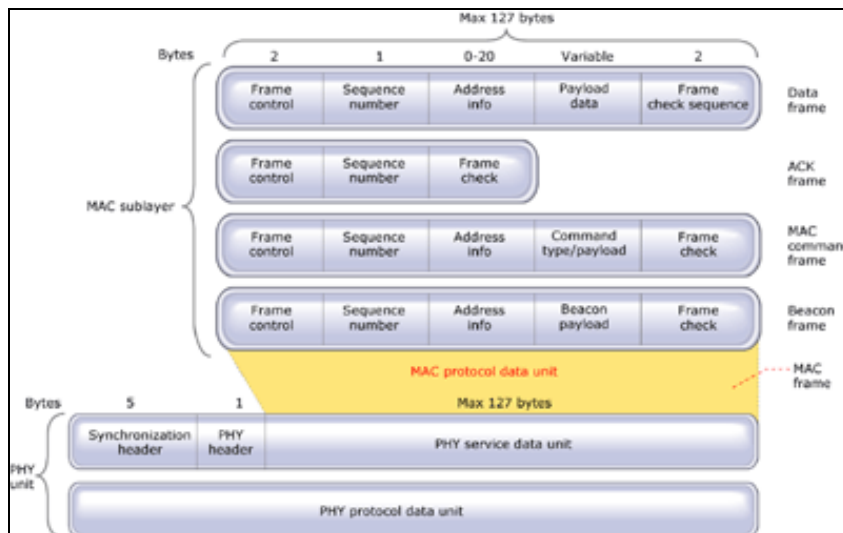
11 Bron: <http://www.embedded.com/showArticle.jhtml?articleID=18902431> (bijlage 7).

Paragraaf 3.3.3 De framestructuur

De Zigbee-architectuur kent vier type frames (zie figuur 5):

- Dataframe;
- ACK-frame;
- MAC-commandframe;
- Beaconframe.

De vier frametypen zijn gedefinieerd in de 802.15.4 standaard.



Figuur 5: De frametypen¹¹

De dataframe bevat de daadwerkelijke data en biedt een payload van 104 bytes. Deze frame omvat een sequencenummer, zodat is verzekerd dat alle pakketjes getraceerd kunnen worden. De frame check sequence dient ter controle van de frames op fouten.

De ACK-frame is bedoeld voor de bevestiging van de ontvangen frames.

De MAC-commandframe is bedoeld voor het remote configureren en beheren van de cliëntnodes. Een device, dat de rol heeft van een gecentraliseerde PAN coördinator, gebruikt de MAC-commandframe om individuele cliënts te configureren.

Door middel van het beaconframe kunnen de devices zowel in stand-by mode als in actieve mode worden geschakeld. Beaconframes zijn belangrijk voor mesh- en cluster treenetwerken. Door middel van het beaconframe kunnen de nodes gesynchroniseerd worden zonder dat de nodes daarvoor lange periodes volledig actief dienen te zijn. Hiermee wordt dus energiebesparing gerealiseerd.

Een gedetailleerde beschrijving van de frameheader kunt u vinden in het artikel *Home networking with Zigbee* van Mikhail Galeev¹¹.

Paragraaf 3.3.4 Channel access en routing

De 802.15.4 standaard definieert twee channel access mechanismen.

Voor een niet-beacon netwerk is de ALOHA CSMA-CA¹² mechanisme (ALOHA Carrier Sense Medium Access with Collision Avoidance) ontworpen.

Bij beacon-netwerken wordt gebruik gemaakt van de Super Frame Structure. Hierbij wordt de Super Frame voorzien van een beaconinterval.

De Zigbee-standaard biedt de mogelijkheid om de volgende routeringsprotocollen te gebruiken:

- Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV);
- Cluster tree.

Het AODV-routeringsprotocol is ontworpen voor ad hoc mobiele netwerken. AODV biedt zowel unicast als multicast routing als optie. Het AODV-protocol biedt de mogelijkheid routes aan te vragen. Hiermee wordt bedoeld dat een opgebouwde route uitsluitend gebruikt kan worden door een bronknoop. Deze route wordt dan in stand gehouden zolang de bronknoop de route nodig heeft. Een voordeel van het AODV-algoritme is dat het loop-vrij, zelfstartend en schaalbaar is.

Meer informatie over het AODV-routeringsprotocol is te vinden op de website van de Mobility Management and Networking Laboratory van de University of California¹³.

Het clustertree-protocol is geschikt voor draadloos ad hoc netwerken. Dit protocol maakt gebruik van link-state pakketten. Het netwerk is in principe automatisch georganiseerd en ondersteunt netwerkredundantie.

Meer informatie over routing is te vinden in de technische beschrijving *Cluster Tree Network*¹⁴ van het IEEE.

Paragraaf 3.3.5 Beveiliging

Beveiliging en data-integriteit vormen belangrijke aspecten in een netwerkarchitectuur.

De Zigbee-architectuur gebruikt het beveiligingsmodel van de 802.15.4 MAC-sublaag.

Dit model specificeert vier beveiligingsservices:

1. Toegangscontrole: een apparaat houdt een lijst bij met andere apparaten die toegang tot het betreffende apparaat hebben;
2. Data encryptie: door middel van een 128-bit advanced encryption symmetrische sleutel;
3. Frame integriteit: data is uitsluitend te wijzigen door partijen die over de juiste sleutel beschikken;
4. Sequential freshness: de frame krijgt een waarde toegekend om zodoende de authenticiteit te kunnen bepalen.

12 <http://www.laynetworks.com/ALOHA%20PROTOCOL.htm> (bijlage 8).

13 <http://moment.cs.ucsb.edu/AODV/aodv.html> (bijlage 9).

14 http://grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/2001/May01/01189r0P802-15_TG4-Cluster-Tree-Network.pdf

Dit is een 30 pagina tellend document en is om praktische redenen niet bijgevoegd.

Paragraaf 3.4 Samenvatting/Conclusie

In dit hoofdstuk is de definitie van ZigBee gegeven en zijn de kenmerken ervan benoemd.

- Laag energieverbruik;
- Lage datasnelheden;
- Lage kosten.

De doorvoercapaciteit van 250 kbit/s en het bereik van de opgegeven 75 meter vormt de technische grens voor ZigBee als oplossing. Dus breedbandige toepassingen als streaming video of het overbruggen van grote afstanden is op dit moment niet mogelijk.

De ZigBee hardware (MAC en PHY) zijn gedefinieerd in de IEEE 802.15.4. Op deze architectuur is de ZigBee protocol-stack (software) gebaseerd.

De hardware laag en de ZigBee protocol-stack zijn gedocumenteerd in de ZigBee Specification. Deze 426 pagina tellende document is om praktische redenen niet als bijlage toegevoegd. De ontwikkeling is gedaan door de Zigbee Alliance en wordt nog steeds voortgezet.

ZigBee is één van een veelheid aan draadloze communicatie technologieën, die vandaag de dag worden gebruikt. De kenmerken van ZigBee, lage data-rate en lage energieverbruik, zijn geïllustreerd door ze te vergelijken met twee veel gebruikte en veel voorkomende draadloze communicatie technologieën, WiFi en Bluetooth.

ZigBee ondersteunt ster, cluster –en mesh netwerken.

Hoofdstuk 4 Markt voor ZigBee technologie

Paragraaf 4.1 Waarom ZigBee?

ZigBee is ontwikkeld uit de vraag vanuit de markt naar een goedkope, gestandaardiseerde draadloze netwerkoplossing die energiezuinig is en lage datasnelheden ondersteunt.

ZigBee is geënt op de eisen voor draadloze sensornetwerken c.q. monitoring en control.

Deze eisen zijn:

- laag energieverbruik;
- lage kosten.

Paragraaf 4.2 Toepassingsgebieden

De initiële markten voor ZigBee zijn:

- domotica;
- industriële automatisering;
- gebouw automatisering.

Zigbee is ontwikkeld voor toepassingen op het gebied van monitoring en control.

Voorbeelden hiervan zijn:

- lichtschakelaars;
- automatische verbruiksmeter aflezing;
- rook- en brandmelders;
- temperatuursensoren;
- universele afstandsbedieningen;
- toegangscontrole.

Paragraaf 4.2.1 Domotica

Bij huis automatisering, ook wel domotica genoemd, valt te denken aan:

- Automatische aflezing van gas-, water- en elektriciteitsmeters;
 - Meterstanden in een woonwijk worden op één centraal punt verzameld en naar de leverancier gestuurd.
- Inbraak signalering en alarmering.
 - Alarminstallatie wordt aangestuurd door data uit ZigBee beweging- en glasbreuk sensoren.

Paragraaf 4.2.2 Industriële automatisering

Bij industriële automatisering valt te denken aan:

- Goederen registratie en bewaking;
 - Containers op schepen worden voorzien van sensoren voor inbraak signalering.
 - Inhoud van de containers wordt automatisch doorgegeven voordat het schip de haven bereikt.
- Controle bij vervoer van bederfelijke waren;
 - Temperatuur van vlees wordt bij vervoer geregistreerd en is bij aankomst direct voor de totale vervoerstraject af te lezen.

Paragraaf 4.3 Berekening datastroom

In het voorbeeld van het toegangscontrolesysteem hoeft enkel het identiteitsnummer van de gebruiker door het netwerk gecommuniceerd te worden. Met 4 bytes aan data kunnen al 2^{31} (2.147.483.648) verschillende identiteitsnummers worden gemaakt.

Deze identiteitsnummer wordt in de centrale database opgezocht en het systeem zoekt op welke deuren voor deze nummer geopend mogen worden. De communicatie die teruggaat vanaf de centrale naar het slot in de betreffende deur hoeft in het meest eenvoudige geval maar te bestaan uit één bit, 1 = deur open, 0 = deur vergrendeld.

In het voorbeeld van de lichtarmatuur moet de data die door het netwerk getransporteerd wordt bestaan uit:

vanuit het lokaal dat verlicht moet worden,

- aanwezigheid van mensen (bewegingsdetectoren) 1 bit (1 = ja, 0 = nee)
- daglichtsterkte 1 byte ($2^7 = 128$ lichtsterkte gradaties)

naar het lokaal dat verlicht moet worden,

- dimmingsgraad 1 byte ($2^7 = 128$ lichtsterkte gradaties)
 - 0000 0000 = uit
 - 1111 1111 = 100% lichtsterkte

In de toelichting van de datastromen van de bovenstaande praktijkvoorbeelden zijn aannames gedaan m.b.t. het aantal benodigde identiteitsnummers (2^{31}) en lichtsterkte gradaties (128).

Als we gemakshalve rekenen dat voor de aanwezigheidsdetectoren ook 1 byte nodig is en voor de calculatie aannemen dat er elke seconde wordt gecontroleerd op aanwezigheid van mensen, de daglichtsterkte en tevens de lichten worden bijgesteld, dan betekent dit een datastroom van 3 Bytes/s = 24 bit/s. ZigBee heeft een maximale doorvoersnelheid van 250Kbit/s.

250.000 bit/s – 24 bit/sec = 249.976 bit/s $\approx$ 250Kb/s

De datastroom die voor de armaturen nodig is, heeft nauwelijks invloed op de doorvoer capaciteit van ZigBee. Dit betekent dat de doorvoercapaciteit van ZigBee ruim voldoende is voor aansturing en signalering voor armaturen.

De bovenstaande feiten en de daadwerkelijke projecten die door de bedrijven Philips en LIPS in gang zijn gezet, tonen aan dat ZigBee technisch gezien voor deze toepassingen inzetbaar is.

Paragraaf 4.4 Samenvatting/Conclusie

De drie initiële markten waar ZigBee als technologie kan worden ingezet zijn

- domotica;
- industriële automatisering;
- gebouw automatisering.

Uit de gegeven praktijkvoorbeelden van toepassingen en de berekening, kan eenvoudig worden afgeleid dat de behoefte aan datatransport zeer klein is.

Hoofdstuk 5 Veldonderzoek

Paragraaf 5.1 Gereedschappen

Ember heeft een ZigBee-kit ter beschikking gesteld. Deze kit bestaat uit 12 nodes en Ember Studio Lite software.



Figuur 7: Ember ZigBee-kit.

De nodes zijn uitgerust met een:

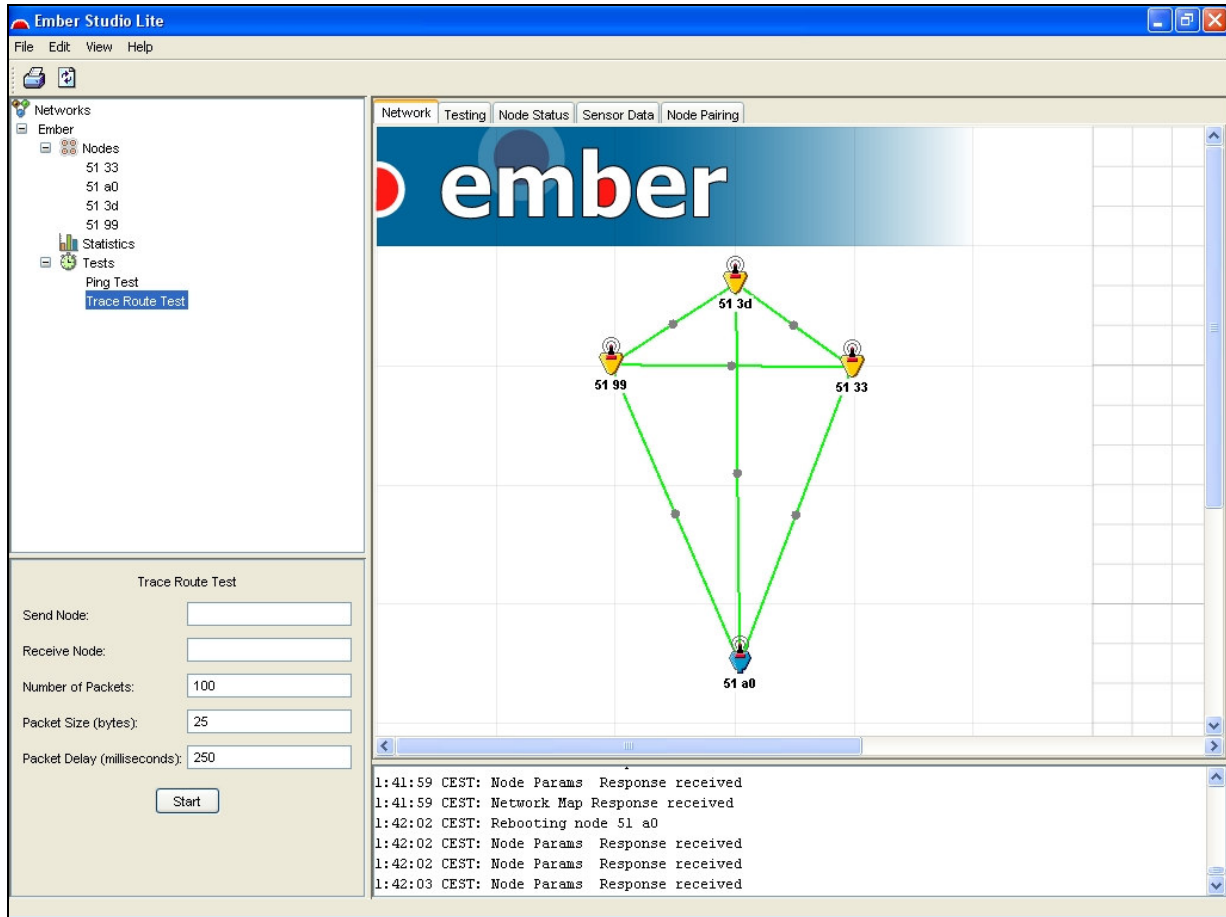
- temperatuursensor;
- acceleratiesensor;
- voltmeter.

De waarden van de sensoren worden met de PAN coördinator node uitgelezen en in de software weergegeven. De PAN-coördinator is met een seriële kabel aangesloten op de computer. In dit geval is een hulpstuk gebruikt, te weten een USB naar serieel omzet kabel. Dit omdat de gebruikte computer geen seriële aansluiting heeft.



Figuur 8: PAN-coördinator aangesloten op computer.

Met de software wordt het ZigBee netwerk gevisualiseerd en kunnen de waarden van de nodes afgelezen worden. Hieronder is een ZigBee netwerk weergegeven met vier nodes in een mesh-netwerk. De blauwe node is aangesloten op de computer.



Figuur 9: Ember ZigBee netwerk visualisatie.

De lijnen representeren de signaalbetrouwbaarheid (LQI, Link Quality Index). Deze waarde wordt bepaald door het aantal maal dat een node een frame moet herzenden via een route. Hoe lager dit aantal, hoe betrouwbaarder de route.

- 0-50% betrouwbaar → Grijs, niet betrouwbaar;
- 50-90% betrouwbaar → Rood, matig betrouwbaar;
- 90-98% betrouwbaar → Blauw, voldoende betrouwbaar;
- 98-100% betrouwbaar → Groen, goed betrouwbaar.

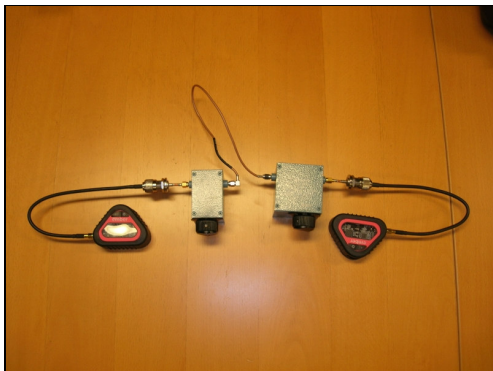
Met een spectrum-analyzer wordt de signaalsterkte in beeld gebracht.
Fabrikaat: Advantest
Model: R4131D

Beeld en waarden van de spectrum-analyzer worden geplot.
Fabrikaat: HP
Model: 747GA



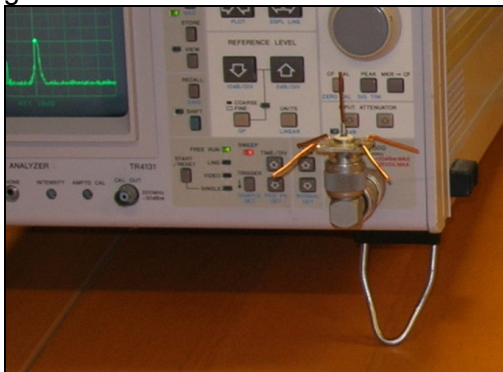
Figuur 10: Spectrum-analyzer en plotter.

Voor het meten van de maximale verzwakking is een verzwakker gebruikt (fig. 11).
Fabrikaat: Narda Microline
Model: 4701 DC 18Ghz



Figuur 11: Step attenuator (verzwakker).

Voor het opvangen van de signalen is een zelfgemaakte 'Groundplane' antenne (bijlage 10) gebruikt .

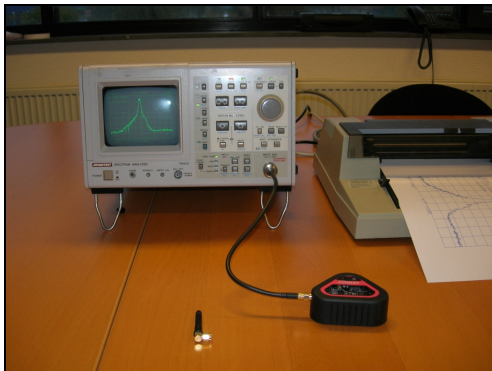


Figuur 12: Grounplane antenne.

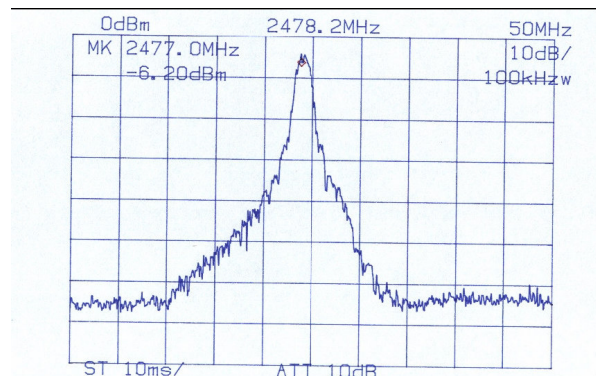
Paragraaf 5.1.1 Meetwaarden nodes

Om vast te stellen dat de ons ter beschikking gestelde nodes gelijkwaardig zijn, is het signaalsterkte van een viertal nodes gemeten.

De spectrum-analyzer is op afgestemd op een frequentie van 2478,2 MHz met een bandbreedte van 50MHz. De bovengrens van de meetschaal is ingesteld op 0 dB. Er zijn vervolgens vier nodes direct aan de spectrum-analyzer aangesloten en het signaal is in beeld gebracht en geplott. Een signaal wordt afgegeven door het drukken van een knop op de node.



Figuur 13: Node aangesloten op de spectrum-analyzer.



Figuur 14: Signaal sterkte van een ZigBee node.

Ember geeft aan dat de nodes een signaalsterkte van 0 dBm hebben. Meting van de nodes met de spectrum-analyzer geeft het volgende resultaat:

Nodenr.	Signaalsterkte
5133	6,2 dBm
513D	6,2 dBm
51A0	6,4 dBm
5199	6,2 dBm

Na meting van de vier nodes kunnen we stellen dat ze ongeveer dezelfde sterkte hebben. De afwijking t.o.v. de door Ember opgegeven waarde, 0 dBm is te verklaren door het signaalverlies in de kabel en connectoren waarmee de nodes aan de spectrum-analyzer zijn verbonden.

De maximale verzwakking van twee nodes is gemeten door deze op de verzwakker aan te sluiten en de weerstand te verhogen totdat signalering tussen de nodes stopt. De maximale verzwakking tussen de nodes onderling ligt bij -90 dB.

Paragraaf 5.2 Bereik ZigBee node in open veld

Op de grond is een draadlijn uitgezet die als maatlat voor deze meting dient. Op een buis is een node bevestigd. Met de op de computer aangesloten node wordt elke seconde een signaal verzonden waarop de node op de buis reageert. De reactie van de node op de buis is te zien als een 'response received' tekstregel in het software (zie voorbeeld fig. 17).



Figuur 15: Meetopstelling.

De ZigBee node die aan de buis is bevestigd, wordt steeds verder weg gezet totdat de signalen niet meer ontvangen worden.

Door Ember opgegeven bereik in open veld is 75 meter (bijlage 11). Het maximale bereik dat met deze ZigBee nodes is gemeten bedraagt 180 meter. Dit is 140% meer dan de door Ember opgegeven maximum.

Verklaring hiervoor is de signaalbetrouwbaarheid, Link Quality Index, die Ember hanteert. Op 75 meter is de LQI, 98-100% betrouwbaar → Groen, goed betrouwbaar. In de bovenstaande meting is enkel gelet op het ontvangen van de signalen, ongeacht het aantal herzendingen die de LQI bepalen.

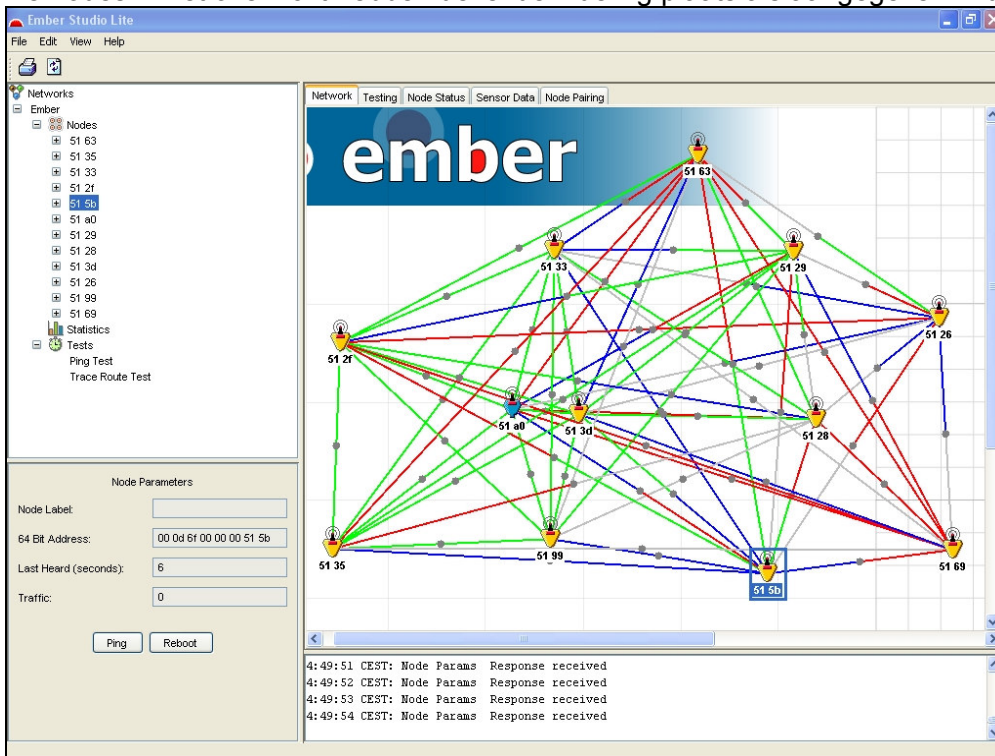
Paragraaf 5.3 ZigBee netwerk in een praktijk situatie

Om ook in de praktijk ervaring op te doen en te zien of de ZigBee nodes daadwerkelijk zelfstandig een netwerk kunnen vormen in een kantoorgebouw, zijn volgens het onderstaande schema ZigBee nodes geplaatst. De rode stippen geven de plaats van de nodes aan. In deze Ember ZigBee kit zijn alle nodes standaard geconfigureerd als Full Function Devices met de node aan de computer als Personal Area Network coördinator.



Figuur 16: Node verdeling in kantoorgebouw.

Deze verdeling van de nodes in het gebouw geeft het onderstaande netwerk overzicht. De nodes in het overzicht hebben dezelfde indeling/plaats als aangegeven in de figuur 16.



Figuur 17: Netwerk overzicht.

Er is te zien dat er een mesh-netwerk is gevormd in het gebouw. Om te zorgen dat de twee vleugels van het gebouw met elkaar kunnen communiceren is er een node geplaatst die als brug functioneert. In dit gebouw kunnen alle nodes de signalen van elkaar ontvangen, dus een brug node had hier niet geplaatst hoeven worden.

De lijnen representeren de signaalbetrouwbaarheid (LQI, Link Quality Index). Deze waarde wordt bepaald door het aantal herzendingen dat een node moet zenden via een route. Hoe lager dit aantal herzendingen, hoe betrouwbaarder de route.

- 0-50% betrouwbaar → Grijs, niet betrouwbaar;
- 50-90% betrouwbaar → Rood, matig betrouwbaar;
- 90-98% betrouwbaar → Blauw, voldoende betrouwbaar;
- 98-100% betrouwbaar → Groen, goed betrouwbaar.

De route die een datapakket in dit netwerk volgt wordt bepaald door de PAN coördinator. Datapakketten worden gestuurd door de op dat moment meest betrouwbare route door het netwerk. Dus via de 'groene' verbindingen worden de pakketten verstuurd. Waar geen 'groene' verbinding is wordt de daarop volgende betrouwbare route, 'blauwe' lijn, gebruikt.

Wanneer de signalen van de nodes in de twee vleugels van het gebouw niet ontvangen konden worden, zou de brugnode de signalering toch mogelijk maken. Dit is in overeenstemming met de theorie.

Dit is een veldtest ter visualisatie van het netwerk geweest. Wanneer het een opzet van een daadwerkelijke toepassing geweest zou zijn, had bijvoorbeeld rekening gehouden moeten worden met de belasting van de brugnode. Wanneer communicatie tussen de twee vleugels van het gebouw enkel mogelijk zou zijn door de brugnode, betekent dit een zwakke schakel in het netwerk omdat wanneer deze node uit zou vallen de twee delen van het netwerk geen andere communicatieroute naar elkaar hebben.

Paragraaf 5.4 Samenvatting/Conclusie

In dit hoofdstuk zijn metingen verricht om de maximale afstand tussen de ter beschikking gestelde ZigBee nodes te bepalen. Er is aangetoond dat de nodes een bereik hebben van ca. 180 meter en in een kantoorgebouw automatisch een mesh-netwerk kunnen vormen waarover de applicatiedata getransporteerd kan worden.

De data die over dit netwerk bij lichtarmaturen getransporteerd moet worden, bestaat dan uit de signalering van de aanwezigheid van mensen (bewegingsdetectoren), daglichtsterkte en dimmingsgraad.

Uit de testopstelling blijkt dat zelfs de meest ver uit elkaar staande nodes in directe verbinding met elkaar staan. Dit zijn de nodes linksboven op de 1^e verdieping (node 51 2f) en rechtsonder op de begane grond (node 51 69).

Het bereik van de ZigBee-nodes in een kantooromgeving is afhankelijk van de materialen die gebruikt zijn in de bouw en kantoorinrichting (metalen kast, kluis). Gewapend beton of metaal als wand dempt en reflecteert het radiosignaal meer dan een scheidingswand van kunststof. Bij de aanleg van een ZigBee gebaseerd systeem zal hier rekening mee gehouden moeten worden. Gezien de factoren die van invloed zijn op het bereik van de nodes is een pragmatische aanpak waarbij gekeken wordt of twee nodes op de gewenste locaties met elkaar kunnen communiceren aan te bevelen.

Hoofdstuk 6 Lichtarmaturen

De meest eenvoudige manier van aansturing die we kennen voor lichtarmaturen is het aan/uit schakelen. Dit gebeurt door het onderbreken van de stroom in de schakeling met een schakelaar. Bij deze methode is er geen sprake van technische signalering. De enige vorm van signalering die als zodanig aangemerkt kan worden is de signalering van de status (aan/uit) van de armaturen door de persoon die de schakelaar bedient.

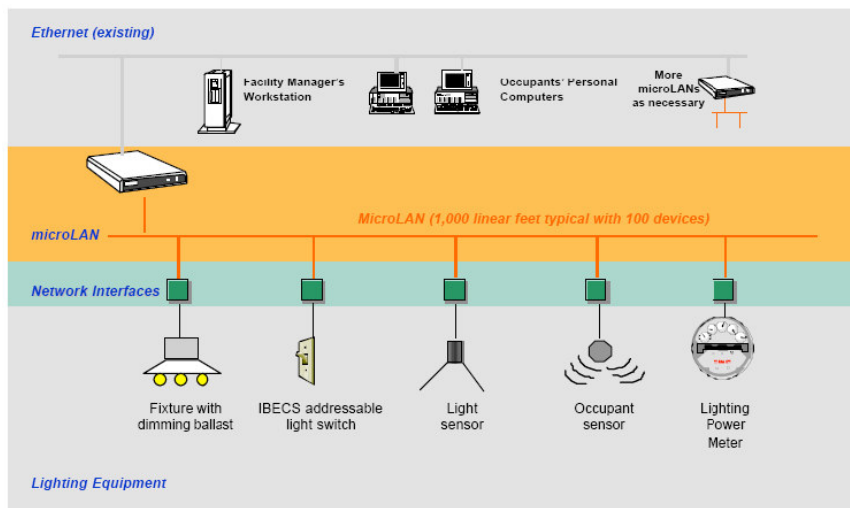
Tegenwoordig zijn er behalve dit eenvoudige systeem van aansturing ook meer uitgebreide vormen van signalering en aansturing. In dit hoofdstuk worden de meest gebruikte standaarden voor signalering en communicatie van lichtarmaturen kort behandeld zonder in te gaan op de technische details. Deze zogenaamde veldbussen zijn, 1-Wire Net, Modbus en DALI. Meer over deze protocollen kan worden gelezen op de aangegeven bronnen.

Paragraaf 6.1 Huidige methoden voor signalering en aansturing

Paragraaf 6.1.1 1-Wire Net

Het 1-Wire Net¹⁵ protocol werd oorspronkelijk ontwikkeld door Dallas Semi-conductor (nu Maxim) als een bus voor eenvoudige en goedkope apparaten die met computers of IC's konden communiceren. Het is ook wel bekend onder de naam MicroLAN. De benaming 1-Wire Net, komt doordat alle communicatie door één draad wordt gedaan (alhoewel er door die ene draad 2 getwiste draden lopen). Maxim verkoopt een serie IC's die in lichtarmaturen geplaatst kunnen worden die dan hiermee kunnen worden aangestuurd.

Organisaties zoals de Berkeley Lab¹⁶ passen de 1-Wire technologie toe in hun ontwikkeling zoals IBECS¹⁷. Hieronder een diagram van een IBECS-netwerk die gebruik maakt van de 1-Wire Net technologie.



Figuur 18: IBECS netwerk diagram ¹⁸.

¹⁵ <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app755A.pdf> (bijlage 12).

¹⁶ Berkeley Lab: Onderzoeks laboratorium van de V.S. (U.S. Department of Energy's National Laboratories)

¹⁷ IBECS: Integrated Building Environmental Communications System

¹⁸ Bron: http://lighting.lbl.gov/IBECS/it_overview.html (bijlage 13).

Paragraaf 6.1.2 Modbus®

Het Modbus¹⁹ protocol is ontwikkeld door het bedrijf Modicon in 1979. Modicon is nu een merknaam van Schneider Electric's Telemecanique. Het is één van de oudste en meest gebruikte protocollen in de industriële automatisering. De Modbus communicatie interface is een technologie voor een multidrop netwerk, gebaseerd op een master/client architectuur. Communicatie tussen de Modbus-nodes wordt uitgevoerd met behulp van berichten. Het is een open standaard die de structuur van berichten beschrijft. De fysieke layer van de Modbus interface is vrij te kiezen. De originele Modbus interface werkte op RS-232²⁰, maar de meeste Modbus implementaties gebruiken nu RS-485²⁰, die langere afstanden, hogere snelheden en de mogelijkheid van een echt multi-drop netwerk toelaat.

De goede eigenschap van de Modbus standaard is de flexibiliteit, maar op hetzelfde moment een eenvoudige implementatie ervan. Niet alleen intelligente apparatuur zoals microcontrollers, PLC's en dergelijke zijn in staat via Modbus te communiceren, ook veel intelligente sensoren zijn uitgevoerd met een Modbus interface om hun data naar host systemen te verzenden.

Paragraaf 6.1.3 DALI

DALI²¹ is een acroniem voor **D**igital **A**ddressable **L**ighting **I**nterface. Dit is een fabrikantoverkoepelende protocol voor dimbare elektronische voorschakel apparaten.

Via een 2-draadse besturingsleiding kunnen maximaal 64 DALI-stuurapparaten individueel, samen tot maximaal 16 groepen flexibel worden bestuurd. Schakelen en dimmen van de verlichting gebeurt hierbij via de besturingsleiding, dat wil zeggen dat een relais niet nodig is. Belangrijke informatie, zoals de armatuurstatus worden in het stuurapparaat opgeslagen en staan als informatie ter beschikking voor het regelapparaat.

Door het digitale protocol kan worden volstaan met een eenvoudige signaleringsbekabeling welke meer flexibiliteit biedt dan conventionele bekabeling.

Vanuit een centrale PC, kan de lichtmanager individueel elk aangesloten individueel bedienen, ze in groepen schakelen en dimmen. Voorgeprogrammeerd of aangepast naar de lichtcondities op het betreffende moment.

Paragraaf 6.2 Overzicht eisen signalering en aansturing

Een lichtpunt moet minimaal aan -en uitgeschakeld kunnen worden. Complexe systemen hebben behoefte aan meer mogelijkheden, deze kunnen zijn:

- dimming (0% - 100%);
- aanwezigheids sensoren;
- daglichtsterkte sensoren;
- individuele adressering.

19 <http://www.modbus.org/faq.php> (bijlage 14)

20 <http://www.lammerbries.nl> (bijlage 15)

21 <http://www.aboutlightingcontrols.org/education/papers/dalibuzz.shtml> (bijlage 16)

Paragraaf 6.3. Kosten

Het ZigBee protocol zorgt automatisch voor een draadloos netwerk waarover applicatiedata getransporteerd kan worden. Deze applicatie data kan het 1-Wire, Modbus, DALI of een eigen protocol zijn voor het aansturen van lichtpunten. Het verschil tussen de toepassing van ZigBee en de toepassing van een conventionele systeem van aansturing, is dus dat ZigBee draadloos is.

Er moet altijd bekabeling worden aangelegd voor de voeding van de armaturen in het gebouw en de desbetreffende ruimten. Voor deze kosten wordt één stelpost gebruikt waarin ook de kosten voor de het aanleggen van bekabeling voor aansturing –en signalering voor de armaturen is opgenomen ²².

Paragraaf 6.3.1 ZigBee

Wanneer ZigBee in een applicatie ontworpen moet worden, is de eerste stap de aanschaf van een ontwikkelkit²³. Ember levert vier versies ontwikkelkits, nl.:

EM250 InSight Developer Edition	\$ 2.500,-
EM250 InSight Professional Edition	\$ 10.000,-
EM260 InSight Developer Edition	\$ 2.500,-
EM260 InSight Professional Edition	\$ 10.000,-



Figuur 19: Ember EM250 InSight Developer Edition ontwikkel kit ²⁴.

De Professional Edition is een meer uitgebreide kit dan de Developer Edition. De details worden vermeld in de prijslijst in de bijlage.

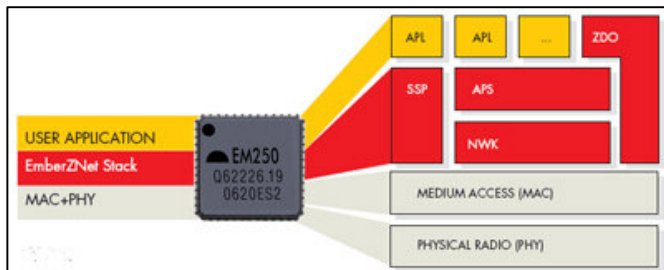
²² Gesprek met calculator van Van Eck Elektro Telecom b.v. te Waardenburg. <http://www.eck.nl/>.

²³ Ember prijslijst (bijlage 17).

²⁴ Bron: http://www.ember.com/products_zigbee_development_tools.html.

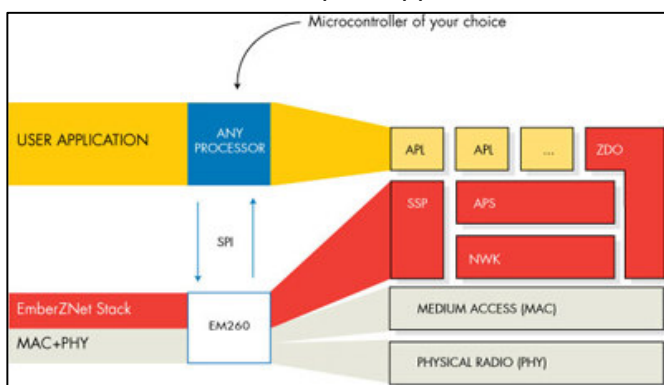
Ember heeft twee ZigBee IC's, nl.:
De EM250 en de EM260

- De EM250 chip is een "all in one" chip met de ZigBee radio en controller in een behuizing.



Figuur 20: Ember EM250 chip ²⁵.

- De EM260 is een chip die alleen het ZigBee radio in zich heeft en kan worden gebruikt met elke controller waarop de applicatie software loopt.



Figuur 21: Ember EM260 chip ²⁵.

Hieronder zijn de kosten van de Ember ZigBee chips gegeven:

<i>Chips and Stack Pricing</i>	<i>EM250</i>	<i>EM260</i>
Quan 1 – 999	\$ 9,00	\$ 7,25
Quan 1K - 4,999	\$ 7,00	\$ 5,50
Quan 5K - 9,999	\$ 5,00	\$ 4,50
Quan 10K - 24,999	\$ 4,85	\$ 4,25
Quan 25K - 49,999	\$ 4,75	\$ 4,10
Quan 50K - 99,999	\$ 4,65	\$ 4,00
Quan 100K - 249,999	\$ 4,45	\$ 3,80
Quan 250K - 499,999	\$ 4,25	\$ 3,75
Quan 500K - 999,999	\$ 4,00	\$ 3,70
Quan 1M +	\$ 3,80	\$ 3,50

Figuur 22: Prijzen Ember chips ²³.

25 Bron: http://www.ember.com/products_zigbee_chips.html

Omdat veel ontwikkelaars reeds bekend zijn met het werken en ontwikkelen c.q. schrijven van software voor een chip van een bepaalde fabrikant, bijv. Atmel, Microchip of Freescale, is de EM260 ontwikkeld. Hiermee kunnen ontwikkelaars blijven werken met de chip waar ze ervaring mee hebben.

Wanneer men kiest voor de EM260, komen er kosten bij voor de chip waar de applicatie op moet draaien die de ontwikkelaars hebben geschreven. De kosten voor deze chip kunnen zeer uiteen lopen al naar gelang de interfaces en geheugen die het heeft.

De kenmerken van de EM250-chip zijn:

- 12MHz XAP2b 16-bit microcontroller core
- 128kB Flash and 5kB RAM
- EEPROM emulation
- 2x16-bit general purpose timers
- UART/SPI (master)
- SPI (master/slave) / I2C (master/slave)
- DMA on serial peripherals and radio minimizes processor overhead
- 128-bit AES hardware engine random number generator
- 12-bit sigma-delta ADC w/ 4 channels and differential operation
- battery/supply voltage monitor
- <1uA sleep current w/ internal RC oscillator running
- 17 GPIO
- watchdog timer

Een chip met ongeveer dezelfde kenmerken als de EM250 is bijvoorbeeld de Freescale MC9S12H128. Deze chip kost op dit moment ong. € 18,-/st.²⁶.

Ook bij een afname volume van 1M st. is het niet aannemelijk dat de prijs onder de \$ 0,30/st. zal komen te liggen. Dit is het prijsverschil tussen de EM250 en de EM260 bij deze volume.

Om deze reden is per saldo de één chip oplossing, de EM250 voordeliger.

In het meest gunstige geval gaan we uit van de aanschaf van een Ember EM250 InSight Developer Edition ontwikkelkit met de implementatie van de EM250 in een miljoen armaturen.

EM250 InSight Developer Edition	\$ 2.500,-
Quan 1M + EM250 a 3,80/st.	\$ 3.800.000,-
Totaal	\$ 3.802.500,-

Meerprijs per armatuur \$ 3,80,-

Bij een volume van 1 miljoen armaturen is de prijs van een ontwikkelkit verwaarloosbaar klein.

Ook zijn er natuurlijk altijd de arbeidskosten die worden gemaakt voor het ontwikkelen van de applicatie die op de ZigBee IC's moet lopen en het design van de printbord waarop de ZigBee IC moeten worden geplaatst. De ontwikkeltijd kan weken tot maanden duren met de bijbehorende kosten. Om de berekening eenvoudig te houden is enkel naar de materiaalkosten voor ZigBee gekeken.

Paragraaf 6.4 Samenvatting/Conclusie

ZigBee is de drager van protocol om armaturen aan te sturen. Het is de draad vervanger van gedrade oplossingen voor aansturing –en signalering van de armaturen.

Omdat er altijd draden moeten worden aangelegd voor de voeding van de armaturen worden de kosten voor aansturing –en signalering hierin meegenomen. Daarom kost het toepassen van ZigBee meer dan een bedrade aansturing.

²⁶ <http://nl.farnell.com> (bijlage 18).

Hoofdstuk 7 Conclusie

ZigBee is een gepubliceerde specificatie van communicatie protocollen ontworpen om gebruik te maken van kleine, zuinige digitale radio's gebaseerd op de IEEE 802.15.4 standaard voor Wireless Personal Area Networks (WPAN's).

Kenmerken

- laag energieverbruik;
- lage datasnelheden;
- lage kosten.

De doorvoercapaciteit van 250 kbit/s en het bereik van de opgegeven 75 meter vormt de technische grens voor ZigBee als oplossing. Dus breedbandige toepassingen als streaming video of het overbruggen van grote afstanden is op dit moment niet mogelijk.

ZigBee is bedoeld voor monitoring en control en kan worden ingezet bij bijvoorbeeld:

- domotica;
- industriële automatisering;
- gebouw automatisering.

Dit zijn tevens de drie markten waar ZigBee zich initieel op heeft gericht.

De ZigBee standaard is ontwikkeld omdat er een behoefte is aan draadloze sensor netwerken.

Uit calculatie van de benodigde datastroom voor aansturing –en signalering van lichtarmaturen blijkt dat ZigBee ruim voldoende doorvoersnelheid heeft.

Uit veldmetingen is gebleken dat het bereik van ZigBee voldoende is om gebruikt te worden als communicatie protocol voor aansturing –en signalering van lichtarmaturen.

Het toepassen van ZigBee als draadvervanger is géén kosten besparing bij het inzetten bij lichtarmaturen omdat er voor lichtarmaturen altijd draden moeten worden getrokken voor de voeding.

Hoofdstuk 8 Aanbevelingen

Het is aan te bevelen om een plan te maken voor het invoeren van een ZigBee netwerk. Hierin dienen de volgende punten gepland te worden:

- locatie van de nodes;
- functionaliteit van de nodes;
- batterij vervanging;
- eventuele koppeling met het TCP/IP netwerk.

Belangrijk is na implementatie het planningsdocument up to date te houden. Bijvoorbeeld zijn er nodes verplaatst, wanneer zijn de batterijen vervangen?

In het geval van toepassing in lichtarmaturen hoeft men geen rekening te houden met de batterijen omdat de ZigBee chips dan van stroom kunnen worden voorzien met de al aanwezige voeding.

Bij de plaatsing dient rekening gehouden te worden met het bereik. Veelal is de dichtheid van armaturen op een locatie groot genoeg dat dit geen problemen hoeft op te leveren maar gezien de factoren die van invloed zijn op het bereik van de nodes is een pragmatische aanpak waarbij gekeken wordt of twee nodes op de gewenste locaties met elkaar kunnen communiceren aan te bevelen.

Nagedacht moet worden welke functionaliteit een node moet hebben. Dient een node alleen meetwaarden door te geven en commandos uit te voeren of moet het ook dienst doen als een alternatieve route voor datapakketten? Van belang is ook na te denken hoe vaak het nodig is voor een node om te communiceren in zijn situatie. Is het bijvoorbeeld een sensor om lichtsterkte te meten in een kantoorruimte dan zou het voldoende kunnen zijn om, om de vijf minuten de lichtsterkte waarde door te geven. Een lichtschakelaar daarentegen dient te allen tijde paraat te zijn.

Ook zal veelal de eventuele koppeling met het TCP/IP-netwerk van belang zijn, bijvoorbeeld om de mogelijkheid te creëren het netwerk over het internet te kunnen volgen en aan te sturen.

Hoofdstuk 9 Samenvatting

ZigBee is een gepubliceerde specificatie van communicatie protocollen ontworpen om gebruik te maken van kleine, zuinige digitale radio's gebaseerd op de IEEE 802.15.4 standaard voor Wireless Personal Area Networks (WPAN's).

De ontwikkeling van ZigBee is gedaan door de Zigbee Alliance. De ZigBee-architectuur is een open standaard, dat in december 2004 geratificeerd is. Op dit moment worden door marktpartijen (leden van de ZigBee Alliance) ZigBee-toepassingen ontwikkeld.

Kenmerken van ZigBee zijn:

- laag energieverbruik;
- lage datasnelheden;
- lage kosten.

De ZigBee standaard is ontwikkeld omdat er een behoefte is aan draadloze sensor netwerken. De bestaande architecturen zijn hierop minder goed geënt.

ZigBee is bedoeld voor monitoring en control en kan worden ingezet bij bijvoorbeeld:

- domotica;
- industriële automatisering;
- gebouw automatisering.

Zigbee heeft als voordeel dat het geen bekabeling nodig heeft en een laag energieverbruik heeft. ZigBee voldoet technisch aan de eisen voor aansturing en signalering voor lichtarmaturen maar levert qua kosten geen voordeel als draadvervanger.

Het toepassen van ZigBee in lichtarmaturen heeft planning en onderhoud nodig. Hierbij dient men te denken aan zaken als:

- locatie van de nodes;
- functionaliteit van de nodes;
- batterij vervanging;
- eventuele koppeling met het TCP/IP netwerk.

Afkortingenlijst

IC	: Integrated Circuit
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
WPAN	: Wireless Personal Area Network
WLAN	: Wireless Local Area Network
PAN	: Personal Area Network
FFD	: Full Function Device
RFD	: Reduced Function Device
MAC	: Media-access (layer)
PHY	: Physical (layer)
CSMA-CA	: Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance
OSI	: Open System Interconnection
ZDO-object	: ZigBee Device Objects
ACK-frame	: Acknowledge frame
LQI	: Link Quality Index
TCP/IP	: Transmission Control Protocol/Internet Protocol
AODV	: Ad hoc On Demand Distance Vector
IBECS	: Integrated Building Environmental Communications System
DALI	: Digital Addressable Lighting Interface

Referenties

- ZigBee Alliance
<http://www.zigbee.org/en/index.asp>
- IEEE
<http://www.ieee.org/portal/site>
- Types of ZigBee networks
http://www.stg.com/wireless/ZigBee_netw.html
- Draadloos sensorennetwerk ZigBee bestuurt alles
<http://www.computable.nl/artikel.jsp?id=1392761>
- Home networking with ZigBee
<http://www.embedded.com/showArticle.jhtml?articleID=18902431>
- Aloha protocol
<http://www.laynetworks.com/ALOHA%20PROTOCOL.htm>
- AODV protocol
<http://moment.cs.ucsb.edu/AODV/aodv.html>
- Cluster tree network
http://grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/2001/May01/01189r0P802-15_TG4-Cluster-Tree-Network.pdf
- 1-Wire
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app755A.pdf>
- IBECS
http://lighting.lbl.gov/IBECS/it_overview.html
- Modbus
<http://www.modbus.org/faq.php>
- RS232 / RS485
<http://www.lammertbies.nl>
- DALI
<http://www.aboutlightingcontrols.org/education/papers/dalibuzz.shtml>
- Ember Corporation
http://www.ember.com/products_zigbee_development_tools.html
- Farnell
<http://nl.farnell.com>

Bijlagen

Bijlage 1	: Formulier aanmelding afstudeeropdracht
Bijlage 2	: Voorbereidend afstudeerverslag
Bijlage 3	: Artikel van Jozef Schildermans “Draadloos sensorennetwerk ZigBee bestuurt alles.” in Computable nr. 14, op 8 maart 2005.
Bijlage 4	: Types of ZigBee networks
Bijlage 5	: What is ZigBee? Ember Corporation ZigBee Solutions presentatie (pagina 3).
Bijlage 6	: IEEE 802.15.4 Architecture tutorial presentatie van Jose Gutierrez, 4 Januari 2003, Eaton Corporation (pagina 8)
Bijlage 7	: Home networking with ZigBee
Bijlage 8	: Aloha protocol
Bijlage 9	: AODV protocol
Bijlage 10	: Groundplane antenne
Bijlage 11	: Ember Application Note
Bijlage 12	: 1-Wire
Bijlage 13	: IBECS
Bijlage 14	: Modbus
Bijlage 15	: RS232 / RS485
Bijlage 16	: DALI
Bijlage 17	: Ember prijslijst
Bijlage 18	: Farnell prijs

Bijlage 1

FACULTEIT NATUUR & TECHNIEK

Elektrotechniek/Telematica

Deeltijd

AFSTUDEEROPDRACHT 2006-2007

Titel: Evaluatie van Zigbee-technologie als communicatie protocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.

Examinandus

Naam : Yildirim Gökay
Studentnummer : 1130956
Straat/nr : Veldmuislaan 3
Postcode/plaats : 3903 CM Veenendaal
tf-nummer : 06-53426129
Email-adres : y.gokay@gmail.com

Examinandus

Naam : -
Studentnummer : -
Straat/nr : -
Postcode/plaats : -
tf-nummer : -
Email-adres : -

Geplande afstudeermaand: juni 2007

Examinator

Naam : Dhr. Joop van Zeeland Email-adres : joop.vanzeeland@hu.nl

Bedrijfsgegevens

Naam : Atlantik Elektronik GmbH
Afdeling : Sales & Engineering
Straat/nr : Industrieweg 3A
Postcode/plaats : 4181 CA Waardenburg
Land : Nederland
Algemeen tf-nr : 0418 – 57 23 80

Bedrijfsbegeleider

Naam : Dhr. Leo Verhoeckx
Functie : County Manager Benelux
tf-nummer : 0418 – 57 23 80
Email-adres : l.verhoeckx@atxx.nl

Omschrijving van de opdracht:

Zigbee wordt als een marketingnaam gebruikt voor een wireless-communicatie protocol-stack.

Dit onderzoek dient te worden verricht in het kader van marketing voor Atlantik Elektronik GmbH. Atlantik is distributeur van halfgeleiders voor de Europese markt.

De motivatie voor dit onderzoek is kennis te verwerven over Zigbee-technologie om hiermee deze technologie aan bedrijven te kunnen presenteren die elektrotechnische producten ontwikkelen.

Het doel van dit onderzoek is de evaluatie van Zigbee als communicatie protocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen. Gefocusseerd moet worden op de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen, analyse van het ZigBee netwerk-architectuur en de identificatie van mogelijke problemen wat een eventuele verdere aanvullende onderzoek nodig heeft. Dit aanvullende onderzoek valt buiten het kader van deze scriptie.

Centrale vraag in dit rapport is:

- Kan ZigBee als communicatie technologie gebruikt worden als aansturing voor T.L.-lichtarmaturen?

Voor dit onderzoek wil ik antwoorden vinden op de onderstaande vragen?

- Wat is Zigbee-technologie?
- Wat zijn de kenmerken van Zigbee-technologie?
- Welke andere vergelijkbare wireless-communicatie technologieën zijn er?
- Waarom Zigbee-technologie?
- Op welke markten richt Zigbee-technologie zich?
- Wat zijn de drie grootste toepassingsgebieden van Zigbee-technologie?
- Welke eisen worden gesteld aan communicatie en signalering bij aansturing van lichtarmaturen?
- Wat is de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen ?
- Welke mogelijke problemen kunnen zich voordoen bij de toepassing in de praktijk?

Het eindproduct is een rapport waarin:

- De ZigBee-technologie is beschreven,
- De markten waarop ZigBee zich richt is beschreven,
- De drie grootste toepassingsgebieden is beschreven,
- De eisen van communicatie voor aansturing van T.L.-lichtarmaturen is beschreven,
- Is beschreven in hoeverre ZigBee voldoet aan de gestelde eisen,
- Grenzen voor ZigBee-technologie als oplossing worden gegeven,
- Aanbevelingen gedaan en oplossingen worden aangedragen voor eventueel geconstateerde problemen bij toepassing in de praktijk.

Afstudeerder

Bedrijfsbegeleider

Examinator

Coördinator extern curr. E/T
ir.L.de Vaan

Bijlage 2

Evaluatie van ZigBee™-technologie als communicatieprotocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.

Onderwerp:

*Het toetsen van ZigBee technologie aan de eisen die worden gesteld aan communicatie bij
signalering en aansturing van lichtarmaturen.*

VOORBEREIDENDAFSTUDEERVERSLAG

Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Opleiding Elektrotechniek / Telematica DT
Afstudeeropdracht Atlantik Elektronik GmbH
Yildirim Gökay, studentnummer 1130956
Begeleider: dhr. Joop van Zeeland
Veenendaal, 14 januari 2007

ZigBee™ is een geregistreerde handelsnaam van de ZigBee Alliance.



Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Oudenoord 330
3513 EX Utrecht

Het bestuur van de Stichting Hogeschool Utrecht aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade voortvloeiende uit het gebruik van enig gegeven, hulpmiddel of procédé in dit verslag geschreven.

Vermenigvuldiging zonder toestemming van zowel de opleiding E/T van de Hogeschool Utrecht als de opdrachtgever is niet toegestaan.

Inleiding

Voor u ligt de opzet voor mijn afstudeerverslag (scriptie) met als titel “Evaluatie van ZigBee™-technologie als communicatie protocol voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.”.

ZigBee wordt als een handelsnaam gebruikt voor een wireless-communicatie protocol-stack.

De motivatie voor dit technisch-commerciële onderzoek is kennis te verwerven over ZigBee-technologie om hiermee deze technologie aan bedrijven te kunnen presenteren die elektrotechnische producten ontwikkelen.

Het doel van het onderzoek is het toetsen van ZigBee-technologie aan de eisen die worden gesteld aan draadloze communicatie voor signalering en aansturing bij lichtarmaturen. Gefocusseerd moet worden op de analyse van de netwerkarchitectuur en de identificatie van mogelijke problemen.

Deze opdracht wordt uitgevoerd bij het bedrijf Atlantik Elektronik GmbH.

Het uiteindelijke afstudeerverslag (rapport) zal beginnen met een introductie en de achtergrond van ZigBee. Waarna in de volgende paragrafen de technische specificaties zullen worden behandeld. Verder zal het beoogde markt voor ZigBee worden beschreven en verslag worden gedaan van een veldonderzoek. Hierna worden de eisen voor aansturing van lichtarmaturen in kaart gebracht en wordt de financiële haalbaarheid om ZigBee in te zetten behandeld.

Aan de hand van de beschreven kenmerken van ZigBee-technologie, de gestelde eisen aan communicatie bij lichtarmaturen en de financiële factoren zal het rapport worden afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk 1	Het bedrijf	blz. 5
Hoofdstuk 2	Het vooronderzoek	blz. 7
Hoofdstuk 3	De te volgen aanpak	blz. 8
Hoofdstuk 4	De planning van de werkzaamheden .	blz. 9
Hoofdstuk 5	Samenvatting	blz. 10
Referenties		blz. 11

Hoofdstuk 1 Het bedrijf

Atlantik Elektronik GmbH is in 1978 opgericht door de heer Otmar Flach als onderdeel van de Atlantik Networxx GmbH. Atlantik Elektronik GmbH is een distributeur van halfgeleiders. De centrale doelstellingen van Atlantik Elektronik GmbH zijn:

- Verklein de ontwikkelingstijd van nieuwe technologieën en innovaties.
- Verklein de marketing tijd van nieuwe technologieën en innovaties.

Atlantik Elektronik GmbH tracht deze doelen te bereiken door haar netwerk van afnemers waar zij de technologiebehoefte opspoort en direct communiceert aan de producent waardoor deze de nodige innovaties aan haar producten kan realiseren. In de andere richting communiceert Atlantik Elektronik GmbH de innovaties aan de markt die hierdoor direct kan profiteren van de laatste product vernieuwingen. Atlantik Elektronik GmbH tracht dus als het ware een brugfunctie te vervullen tussen de producent en afnemer.



Figuur 1: Bedrijfs structuur.

Atlantik Elektronik GmbH heeft acht vestigingen in Europa, het hoofdkantoor bevindt zich in Planegg/München (Duitland). Vanuit de vestiging in Waardenburg bedient zij de Benelux markt.

De vestiging in Waardenburg bestaat uit Sales en Engineering. Sales is verantwoordelijk voor de communicatie met de markt, Engineering helpt klanten bij de design-in van producten uit de portfolio van Atlantik Elektronik GmbH. Een voorbeeld van een succesvolle design-in die Atlantik Elektronik GmbH heeft gedaan is de implementatie van de Holtek IC¹ in de Philips Senseo koffiezet apparaat

1 Integrated Circuit ofwel een geïntegreerde schakeling. Dit is een elektronische schakeling die niet bestaat uit losse componenten op een Printed Circuit Board (PCB) of printplaat, maar waarin de schakeling en alle componenten geïntegreerd gefabriceerd zijn op een plakje silicium.



Figuur 2: Fabrikaten die Atlantik Elektronik GmbH distribueert (portfolio).

Om de markt te informeren over de producten in haar portfolio doet Atlantik Elektronik GmbH bij elke fabrikaat een evaluatie van de aangeboden technologie, eventueel is deze evaluatie toegespitst op een bepaalde toepassing.

Dit onderzoek wordt verricht in opdracht van Atlantik Elektronik GmbH, onderdeel Sales, in het kader van marketing voor één van haar fabrikaten, t.w. Ember. Ember is een fabrikant van IC's die voor ZigBee zijn ontworpen.

Het onderzoek richt zich niet op de fabrikant Ember of een andere ZigBee IC fabrikant maar focusteert enkel op de gestandaardiseerde ZigBee-protocol stack, IEEE 802.15.4².

² ZigBee is gebaseerd op de 802.15.4 standaard om applicatie profielen te definiëren die door meerdere fabrikanten gedeeld kunnen worden. IEEE 802.15.4 is een standaard gedefinieerd door de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) voor lage-data snelheid, Wire-less Personal Area Netwerken.

Hoofdstuk 2 Het vooronderzoek

De opdracht vanuit Atlantik Elektronik GmbH is om kennis op te bouwen over ZigBee-technologie. Hiervoor wordt ZigBee-technologie getoetst aan de eisen die worden gesteld aan communicatie bij lichtarmaturen. De titel van het rapport is:

“Evaluatie van ZigBee™-technologie als communicatie voor signalering en aansturing van lichtarmaturen.”.

Centrale vraag in dit rapport is:

- Kan ZigBee als communicatie technologie gebruikt worden als aansturing voor lichtarmaturen?

Voor dit onderzoek wil ik antwoorden vinden op de onderstaande vragen:

- Wat is ZigBee-technologie?
- Wat zijn de kenmerken van ZigBee-technologie?
- Welke andere vergelijkbare wireless-communicatie technologieën zijn er?
- Waarom ZigBee-technologie?
- Op welke markten richt Zigbee-technologie zich?
- Wat zijn de drie grootste toepassingsgebieden van Zigbee-technologie?
- Welke eisen worden gesteld aan communicatie en signalering bij aansturing van lichtarmaturen?
- Wat is de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen?
- Welke mogelijke problemen kunnen zich voordoen bij de toepassing van ZigBee-technologie in de praktijk?

De motivatie voor dit technisch-commerciële onderzoek is kennis te verwerven over ZigBee-technologie om hiermee deze technologie aan bedrijven te kunnen presenteren die elektrotechnische producten ontwikkelen. Het belang hiervan voor Atlantik Elektronik GmbH is dat met deze presentaties de ZigBee technologie meer bekendheid krijgt wat op termijn kan leiden tot verkoop van de door haar gevoerde Ember ZigBee IC's.

Het eindproduct is een rapport zijn waarin:

- De ZigBee-technologie is beschreven,
- De markten waarop ZigBee zich richt is beschreven,
- De drie grootste toepassingsgebieden zijn beschreven,
- De eisen van communicatie voor aansturing van lichtarmaturen is beschreven,
- Is beschreven in hoeverre ZigBee voldoet aan de gestelde eisen,
- Grenzen voor ZigBee-technologie als oplossing worden gegeven,
- Aanbevelingen gedaan en oplossingen worden aangedragen voor eventueel geconstateerde problemen bij toepassing in de praktijk.

Hoofdstuk 3 De te volgen aanpak

Voor dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van de methode praktijkonderzoek en literatuuronderzoek. Voor dit onderzoek zal ook een beroep worden gedaan op de ervaringen van de technici van Ember over de mogelijke knelpunten bij toepassing van ZigBee in de praktijk.

De informatie die is te vinden in de ZigBee Specifications van de ZigBee Alliance, (onderzoeks)rapportages, publicaties in vaktijdschriften, etc. Voor deze methode is gekozen omdat via Atlantik Elektronik GmbH toegang is tot informatie van de fabrikant Ember en technici met ervaring in het implementeren van ZigBee in de praktijk. Voorts is op het Internet met behulp van zoekmachines veel informatie te vinden over ZigBee.

Voorlopige hoofdstukindeling

Hoofdstuk	1	Inleiding
Hoofdstuk	2	Onderzoeksmethode
Hoofdstuk	3	Overzicht ZigBee
Paragraaf	3.1	Definitie en kenmerken van ZigBee
Paragraaf	3.2	Wire-less netwerk technologieën
Paragraaf	3.3	De ZigBee architectuur
Paragraaf	3.3.1	Topologieën
Paragraaf	3.3.2	De protocol-stack
Paragraaf	3.3.3	De framestructuur
Paragraaf	3.3.4	Channel access en routing
Paragraaf	3.3.5	Beveiliging
Hoofdstuk	4	Markt voor ZigBee technologie
Paragraaf	4.1	Waarom ZigBee?
Paragraaf	4.2	Toepassingsgebieden
Paragraaf	4.2.1	Domotica
Paragraaf	4.2.2	Industriële automatisering
Paragraaf	4.2.3	Gebouw automatisering
Paragraaf	4.2.3.1	Praktijk voorbeelden
Paragraaf	4.2.3.1.1	Lichtarmatuur
Paragraaf	4.2.3.1.2	Toegangscontrole
Hoofdstuk	5	Veldonderzoek
Paragraaf	5.1	Gereedschappen
Paragraaf	5.2	Bereik Zigbee node in open veld
Paragraaf	5.3	ZigBee netwerk in een praktijk situatie
Hoofdstuk	6	Lichtarmaturen
Paragraaf	6.1	Huidige methoden voor signalering en aansturing
Paragraaf	6.1.1	Overzicht eisen
Paragraaf	6.2	Kosten
Paragraaf	6.2.1	Huidige methode
Paragraaf	6.2.2	ZigBee
Hoofdstuk	7	Conclusie
Hoofdstuk	8	Aanbevelingen
Hoofdstuk	9	Samenvatting
Afkortingen lijst		
Referenties		
Bijlagen		

Hoofdstuk 4 De planning van de werkzaamheden

Weeknummers	Activiteit
Week 4 (22 januari 2007)	Inleveren Voorbereidend afstudeerverslag bij begeleider.
Week 5 (29 januari 2007)	Bruikbare gegevens verzamelen en onderverdelen op onderwerp ter verwerking/aanpassing in scriptie.
Week 6 (5 februari 2007)	Afronding literatuuronderzoek Inleveren voortgangsrapportage 1
Week 7 (12 februari 2007)	Start praktijk onderzoek
Week 8 (19 februari 2007)	Bruikbare gegevens verzamelen en onderverdelen op onderwerp ter verwerking/aanpassing in scriptie.
Week 9 (26 februari 2007)	Afronden praktijk onderzoek Inleveren voortgangsrapportage 2
Week 10 (5 maart 2007)	Verwerken/Aanpassen van alle verzamelde data in scriptie.
Week 11 (12 maart 2007)	Conclusies en aanbevelingen verwerken in scriptie. Inleveren voortgangsrapportage 3
Week 12 (19 maart 2007)	Inleveren 1^e versie scriptie bij begeleider
Week 13 (26 maart 2007)	Verwerken aanbevelingen en correcties van begeleider.
Week 14 (2 april 2007)	Inleveren 2^e versie scriptie bij begeleider
Week 15 (9 april 2007)	Verwerken aanbevelingen en correcties van begeleider.
Week 16 (16 april 2007)	Inleveren 3^e versie scriptie bij begeleider
Week 17 t/m week 21 (23 april 2007)	Verwerken aanbevelingen en correcties van begeleider.
Week 22 (28 mei 2007)	DEADLINE! INLEVEREN AFSTUDEERVERSLAG
Week 23 (4 juni 2007)	Vorbereiden van openbare voordracht en mondelinge verdediging.
Week 24 (11 juni 2007)	Vorbereiden van openbare voordracht en mondelinge verdediging.
Week 25 (18 juni 2007)	AFSTUDEER ZITTINGEN!
Week 26 (25 juni 2007)	AFSTUDEER ZITTINGEN!

Hoofdstuk 5 Samenvatting

De motivatie voor dit technisch-commerciële onderzoek is kennis te verwerven over ZigBee-technologie om hiermee deze technologie aan bedrijven te kunnen presenteren die elektrotechnische producten ontwikkelen. Het belang hiervan voor Atlantik Elektronik GmbH is dat met deze presentaties de ZigBee technologie meer bekendheid krijgt wat op termijn kan leiden tot verkoop van de door haar gevoerde Ember ZigBee IC's.

Het doel van het onderzoek is het toetsen van ZigBee-technologie aan de eisen die worden gesteld aan draadloze communicatie voor signalering en aansturing bij lichtarmaturen. Gefocusseerd moet worden op de analyse van de netwerkarchitectuur en de identificatie van mogelijke problemen.

Voor dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van de methode praktijkonderzoek en literatuuronderzoek. Voor dit onderzoek zal ook een beroep worden gedaan op de ervaringen van de technici van Ember over de mogelijke knelpunten bij toepassing van ZigBee in de praktijk.

Centrale vraag in dit rapport is:

- Kan ZigBee als communicatie technologie gebruikt worden als aansturing voor lichtarmaturen?

Voor dit onderzoek wil ik antwoorden vinden op de onderstaande vragen:

- Wat is ZigBee-technologie?
- Wat zijn de kenmerken van ZigBee-technologie?
- Welke andere vergelijkbare wireless-communicatie technologieën zijn er?
- Waarom ZigBee-technologie?
- Op welke markten richt Zigbee-technologie zich?
- Wat zijn de drie grootste toepassingsgebieden van Zigbee-technologie?
- Welke eisen worden gesteld aan communicatie en signalering bij aansturing van lichtarmaturen?
- Wat is de financiële haalbaarheid t.o.v. de huidige oplossing voor het aansturen van lichtarmaturen?
- Welke mogelijke problemen kunnen zich voordoen bij de toepassing van ZigBee-technologie in de praktijk?

Het eindproduct is een rapport waarin:

- De ZigBee-technologie is beschreven,
- De markten waarop ZigBee zich richt is beschreven,
- De drie grootste toepassingsgebieden zijn beschreven,
- De eisen van communicatie voor aansturing van lichtarmaturen is beschreven,
- Is beschreven in hoeverre ZigBee voldoet aan de gestelde eisen,
- Grenzen voor ZigBee-technologie als oplossing worden gegeven,
- Aanbevelingen gedaan en oplossingen worden aangedragen voor eventueel geconstateerde problemen bij toepassing in de praktijk.

Referenties

- Bedrijfspresentatie Atlantik Elektronik GmbH
- ZigBee Alliance
www.zigbee.org
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
www.ieee.org

Bijlage 3

Computable

Al 10 jaar dagelijks
ict-nieuws

 Nieuw: HP StorageWorks All-in-One storage systemen, met Windows Storage Server™ 2003 R2. HP maakt storage gebruiksvriendelijk, betrouwbaar en betaalbaar	» Ontdek hier de voordelen  
 Nieuw: HP StorageWorks All-in-One storage systemen, met Windows Storage Server™ 2003 R2. HP maakt storage gebruiksvriendelijk, betrouwbaar en betaalbaar	» Ontdek hier de voordelen  

Nieuwscentrum Dagelijks ICT-nieuws, reacties en nieuwsbrieven.	Productcentrum Nieuwe software, hardware en netwerkproducten.	Bladarchief Alle artikelen uit het weekblad Computable sinds 1996	Carrièrecentrum Vacatures, tests, opleidingen en arbeidsmarktinformatie	Adviescentrum Topics, dossiers, onderzoek, naslag, agenda, vakinformatie	Discussieforums Vrij toegankelijke discussie-forums voor ICT-ers	Service Informatie, adressen, abonnementen en adverteren.
--	---	---	---	--	--	---

Home | Bladartikelen | Per week of Op onderwerp | Artikel Computable

← Terug [RSS](#) [XML](#) [uitleg](#)

Meer verdienen? Ga naar de ICT-vacaturebank

comp_top100_228x40 (5K)

 technologie | 8 april 2005 | nr 14 | reageren? redactie@computable.nl

Jozef Schildermans

Draadloos sensorennetwerk ZigBee bestuurt alles

Goedkope draadloze sensoren volgens de ZigBee-standaard vormen robuuste, zelfhelende en goedkope controlenetwerken. De toepassingsmogelijkheden zijn enorm uitgebreid en variëren van thuisautomatisering tot intelligente straatverlichting. ZigBee speelt in op de groeiende behoefte aan draadloze sensoren, zowel op de thuis- als op de bedrijfsmarkt.

Technische achtergrond

Kloppend hart van elke ZigBee-sensor is een krachtige fysieke radio die functioneert volgens de IEEE 802.15.4 specificatie. Wereldwijd is de 2,4 GHz ISM radioband beschikbaar voor gebruik door ZigBee. Die band biedt zestien zend- en ontvangstkanalen en een maximale doorvoersnelheid van 250 kbit/s, met terugvalsnelheden tot 40 en 20 kbit/s. In Europa is ook de 868 MHz radioband beschikbaar, maar die biedt slechts één kanaal en een beperktere doorvoersnelheid van 20 kbit/s. De IEEE 802.15.4-compatibele radio in ZigBee-sensoren wordt aangedreven door een zeer energiezuinige en goedkope 8-bit microcontroller (bijvoorbeeld een 80c51). Afhankelijk van de toepassing kan een dergelijke module het jarenlang uithouden op slechts twee AA-batterijen. Aan de IEEE 802.15.4-specificatie voegt de ZigBee-standaard logische netwerk-, beveiligings- en applicatielagen toe. Bekijken we ZigBee volgens het OSI-model, dan beantwoorden de fysieke en datalinklagen volledig aan de IEEE 802.15.4-specificatie. De lagen 3, 4, 5 en 6 (netwerk, transport, sessie en presentatie) worden ingevuld door de bepalingen van het ZigBee-platform. De applicatielaag ten slotte kan door een OEM worden ingevuld, hoewel ZigBee ook een aantal applicaties definieert. Een netwerk van ZigBee-sensoren bestaat uit maximaal 65.536 nodes (sensoren) met minstens één

Er is een grote behoefte aan draadloze communicatie. Draadloze communicatie brengt echter heel wat uitdagingen met zich mee. Gebouwen reageren bijvoorbeeld heel vreemd op radiosignalen. Sommige elementen, zoals mensen, absorberen signalen, terwijl stoffen als metalen ze juist weerkaatsen. Daardoor gedragen radiosignalen zich altijd onvoorspelbaar en zijn draadloze verbindingen van punt naar punt inherent onbetrouwbaar.

ZigBee maakt draadloze sensorennetwerken robuust door in elke module de radio-ontvanger, de netwerkprocessor en het geheugen in te bouwen. ZigBee-sensoren of -modules zijn eigenlijk kleine draadloze computertjes met een volwaardige processor. De theorie achter ZigBee bestond al langer, maar omdat er vandaag goedkopere chips en krachtigere miniprocessoren op de markt zijn, kan de theorie ook in de praktijk worden gebracht. De eerste versie van de ZigBee-standaard werd eind vorig jaar goedgekeurd door de ZigBee Alliance, een consortium van meer dan honderd bedrijven, geleid door onder andere Honeywell, Philips, Motorola, Mitsubishi en Samsung. Zodra een ZigBee-sensor wordt ingeschakeld, gaat hij volautomatisch op zoek naar andere sensoren in de buurt. Zo ontstaat een zelfvormend en zelfcorrigerend fijnmazig controlenetwerk ("mesh network") waarmee grote afstanden kunnen worden overbrugd, zonder dat er punt-naar-puntverbindingen hoeven te worden gelegd. Een ZigBee-netwerk werkt ongeveer zoals het internet. Elke boodschap van een draadloze sensor probeert zelfstandig zijn weg te vinden door het netwerk. Daarom is een ZigBee-netwerk erg robuust. Elke sensor probeert te communiceren met minstens twee andere sensoren. Vallen er sensoren uit, dan blijft het controlenetwerk toch nog functioneren.

Drukke radioband

ZigBee-netwerken functioneren in dezelfde drukke 2,4 GHz ISM (Industrial, Scientific, Medical)-radioband die wordt gebruikt door WiFi, Bluetooth, medische apparatuur en zelfs magnetrons (zie kader). ZigBee-sensoren houden echter rekening met de drukte op die band. Interferentie is uitgesloten door de gebruikte technologie, hot channel swapping geheten. Als er bijvoorbeeld opeens een WiFi-zender begint uit te zenden, migreren de modules onmiddellijk naar een andere frequentie. Stoorzenders worden dus gewoon ontweken, zodat het netwerk stabiel blijft. In Europa mag ZigBee ook werken in de 868 MHz band, terwijl in Amerika de 915 MHz band beschikbaar is. Deze beide banden bieden echter minder kanalen en een kleinere doorvoersnelheid en zijn dus alleen bedoeld voor heel specifieke toepassingen.

Elke module heeft een gemiddeld bereik van dertig tot zestig meter binnenshuis en driehonderd meter buitenshuis. Het aantal sensoren of modules in één netwerk is bijna onbeperkt: ZigBee-netwerken kunnen bestaan uit duizenden draadloze sensoren die allemaal vanaf een centrale locatie worden bestuurd en gecontroleerd. Dergelijke netwerken kunnen honderden meters tot zelfs enkele kilometers overbruggen.

Veiligheid

Draadloze controlenetwerken mogen dan al de natte droom zijn van iedereen die te maken heeft met automatisering, hoe zit het echter met de veiligheid? Wat weerhoudt terroristen of dieven er bijvoorbeeld van op afstand draadloze beveiligingen uit te schakelen of in de war te sturen? Dat is volgens de ZigBee Alliance uitgesloten, omdat

Zoeken

☒ Artikels ☐ Vacatures

BESTE WERKGEVER VAN NEDERLAND ZOEKT

ORACLE EN JAVA SPECIALISTEN

BEN JIJ GOED IN JE VAK EN TOE AAN IETS ANDERS?



PAN (Personal Area Network)-coördinator (vergelijkbaar met een AP of Access Point in een WiFi-netwerk). Behalve volgens een mesh (maas)-netwerkconfiguratie kunnen ZigBee-netwerken ook gebouwd worden in ster- of clusterboom-configuraties. De mesh-configuratie verdient de voorkeur omwille van zijn grote robuustheid en eenvoudige installatie. ZigBee-modules zijn snel genoeg om ze in te zetten voor tijdskritieke toepassingen. Typisch volstaan 30 milliseconden om een module toe te laten tot het ZigBee-netwerk. Een module in rusttoestand heeft niet meer dan 15 ms nodig om opnieuw actief te worden.

de standaard is ontworpen met de veiligheid in het achterhoofd. Alle communicatie tussen de sensoren is versleuteld met 128 bit AES-encryptie (AES is de officiële standaardbenaming voor de supersterke Rijndael-encryptie die werd bedacht door twee Belgische wetenschappers). Iemand die inbreekt op het ZigBee-controlnetwerk kan de datastroom wel zien, maar hem niet ontcijferen. Ook het sturen van valse boodschappen om het netwerk in de war te sturen is onmogelijk. Als een berichtje later wordt uitgestuurd, dan zullen de andere ZigBee-modules dat merken en de boodschap verwerpen. De ZigBee Alliance gelooft dat deze dubbele beveiliging nog jarenlang stand zal houden. Als het moet, kan de standaard in de toekomst gemakkelijk worden uitgebreid met een nog sterkere vorm van encryptie.

Toepassingen

Volgens het Amerikaanse onderzoeksbureau Frost & Sullivan zullen er de komende tien jaar in elk gebouw gemiddeld tussen de honderd en honderdvijftig draadloze sensoren worden geïnstalleerd.

De grote behoefte aan betaalbare draadloze controle- en stuurnetwerken voor al die sensoren wordt het best geïllustreerd aan de hand van een concreet voorbeeld. Het vullen en controleren van minibars in hotelkamers is zeer arbeidsintensief. In sommige hotels is dit geautomatiseerd. De minibars kunnen vanuit een centrale locatie worden geopend en gesloten. Sensoren registreren of een klant een drankje of snack uit de minibar neemt. In

bestaande gebouwen is het echter niet altijd mogelijk om de benodigde bekabeling te leggen. Kabels zijn bovendien duur en niet flexibel: bij verbouwingen liggen de aansluitpunten niet altijd op de gewenste plaats. Dankzij ZigBee is het voortaan mogelijk om de minibars draadloos met elkaar te verbinden en centraal te controleren en te besturen.

Het Belgische bedrijf Ubiwave, lid van de ZigBee Alliance, ontwikkelde een draadloze ZigBee-controlemodule die onder andere in een minibar kan worden ingebouwd en deze volautomatisch omtovert tot een node in een draadloos controlnetwerk. De ZigBee-modules van Ubiwave worden in Nederland gedistribueerd door Sensor Data in Rijswijk.

Compact

ZigBee-sensoren zijn doorgaans zeer compact, zodat ze overal discreet kunnen worden geïntegreerd. De eerste generatie ZigBee-sensoren van Ubiwave meten bijvoorbeeld zes bij vier centimeter, maar zullen in de toekomst nog kleiner worden. In de afmetingen is alles inbegrepen, ook de antenne. Omdat elektriciens de sensoren moeten kunnen installeren, functioneren ze heel eenvoudig. Er zit maar één ledje op dat rood kleurt als er geen contact is met een andere sensor, oranje als één andere sensor is gevonden en groen wanneer er contact is met minstens twee andere sensoren. ZigBee-sensoren verbruiken zeer weinig stroom en kunnen, afhankelijk van de concrete toepassing, soms jarenlang op één batterijlading functioneren.

De toepassingen voor ZigBee zijn legio. Denk bijvoorbeeld aan het uitlezen van gas-, water- en elektriciteitslezers. Als die in een fijnmazig, centraal bestuurd controlnetwerk worden geplaatst, kost het uitlezen ervan veel minder tijd en dus minder geld. Of denk aan de straatverlichting. De enige manier om nu te controleren of een straatlamp goed werkt, is ze visueel te controleren. Maar als in elke armatuur een ZigBee-module wordt ingebouwd, is het mogelijk op afstand te controleren of een lamp nog in orde is. Bovendien kan men dan de straatverlichting centraal uitschakelen of dimmen.

Een concreet project van Ubiwave is bijvoorbeeld de automatisering van waarschuwingsverlichting in een niet nader genoemde Belgische haven. Sensoren lezen de windsterkte uit en zetten bij storm een alarm in werking waardoor over het gehele haventerrein automatisch de waarschuwingsverlichting wordt aangestoken. In dit concrete project kan niet met kabels worden gewerkt omwille van de hoge kosten en de kwetsbaarheid van de bekabeling.

Thuisautomatisering

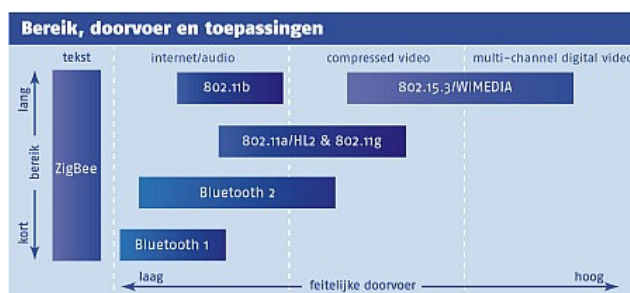
De professionele ZigBee-sensoren van Ubiwave kosten tussen de 200 en de 300 euro, afhankelijk van de toepassing. ZigBee is echter ook en misschien vooral bedoeld voor toepassingen in huis, zoals beveiliging, bediening op afstand of thuisautomatisering.

In de thuismarkt is het kostenplaatje heel belangrijk. De ZigBee Alliance maakt zich sterk dat ZigBee-sensoren voor de thuismarkt niet meer dan vijftien euro per stuk hoeven te kosten. De thuissensoren bieden minder geavanceerde mogelijkheden dan de duurdere sensoren voor de professionele markt, maar voor de rest werken ze op een vergelijkbare manier.

Het is de bedoeling dat de ZigBee-sensoren voor de thuismarkt eenvoudig kunnen worden gekoppeld aan bestaande toepassingen voor thuisautomatisering. Een alarmcentrale zou dan bijvoorbeeld achteraf nog kunnen worden uitgerust met draadloze sensoren die functioneren volgens de ZigBee-standaard. De uiteindelijke bedoeling is dat de gebruiker alle ZigBees in huis kan bedienen en controleren vanaf zijn pc of met een speciale afstandsbediening. Die ene afstandsbediening zal dan bijvoorbeeld ook dienen om de met ZigBee uitgeruste dvd-recorder of hifi-installatie te bedienen. Omdat het draadloos en niet met infrarood werkt, hoeft de gebruiker ook niet in de buurt te blijven van het te bedienen apparaat. De eerste ZigBee-toepassingen voor thuisgebruik komen nog dit jaar op de markt.

ZigBee in vergelijking met Bluetooth en WiFi

ZigBee kent technisch vele overeenkomsten met WiFi (IEEE 802.11x) en Bluetooth. Deze drie draadloze netwerken functioneren in dezelfde licentievrije 2,4 GHz ISM-radioband en gebruiken vergelijkbare netwerkprotocollen. ZigBee is echter specifiek bedoeld voor toepassingen waar lage kosten, een hoge inzetbaarheid en een zeer eenvoudige installatie belangrijk zijn. Om de kosten en het energieverbruik te drukken biedt ZigBee een veel lagere doorvoersnelheid dan Bluetooth of WiFi. Voor controletoepassingen is een grote bandbreedte immers minder essentieel. Verder kan een ZigBee-netwerk uit enorm veel nodes (modules) bestaan, terwijl dat bij Bluetooth en WiFi eerder beperkt is. Onderstaande tabel toont de belangrijkste verschillen en gelijkenissen tussen



Ads by Google

?????????
 ??????????
 ?? ??????????
 ??
www.febe.jp

?????????
 ??????????
 ??? ??????????
 ?????
www.jj-navi.com

?????????
 ??????????
 ?? ??????????
 ???
hachicli-shincyo.cc

Ads by Google

Diverse datalogger lijnen

Compleet assortiment dataloggers, Vocht en Luchtsnelheid Sensoren
www.catec.nl

Zigbee Research

10 free IEEE articles with a trial subscription for your company
www.ieee.org/ente

Webinformatie

IEEE 802.15 WPAN Task Group 4:
<http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
 ZigBee Alliance: <http://www.ZigBee.org>
 Ubiwave: <http://www.ubiwave.com>
 Sensor Data: <http://www.sensordata.nl>

deze drie draadloze netwerksystemen:

Kenmerken	IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Batterijduur	Uren	Dagen	Jaren
Complexiteit	Zeer complex	Complex	Eenvoudig
Nodes	32	7	64.000
Vertraging (latency)	Tot 3 seconden	Tot 10 seconden	Tot 30 milliseconden
Bereik	100 m	10 m	70 - 300 m
Uitbreidbaarheid	Roaming mogelijk	Nee	Ja
Maximale doorvoersnelheid	11 Mbit/s	1 Mbit/s	250 Kbit/s
Beveiliging	SSID, 64 bit, 128 bit	64 bit, 128 bit	128 bit AES, aanvulling mogelijk door gebruiker in de Application Layer

Draadloos netwerk?

Wat is er nodig voor een draadloos netwerk? Bekijk ons online dossier.

www.consumenter

Ads by Google

Diverse datalogger lijnen

Compleet assortiment dataloggers, Vocht en Luchtsnelheid Sensoren
www.catec.nl

Zigbee Research

10 free IEEE articles with a trial subscription for your company
www.ieee.org/ente

Draadloos netwerk?

Wat is er nodig voor een draadloos netwerk? Bekijk ons online dossier.
www.consumenter

Reacties zijn welkom bij de [redactie](#) of in de [discussieforums](#)

 Mail dit artikel

 Printversie

[← Terug](#)

[↑ Boven](#)

Digitaal

Lees het complete weekblad op uw pc →

Nieuwsbrief

Ontvang het ict-nieuws dagelijks per e-mail →

Pocket PC

Ontvang het ict-nieuws op uw PDA →

Eigen site

Plaats het ict-nieuws op uw eigen site of pc →

Sites: [Computable](#) | [Emerce](#) | [CRN](#) | [PCM](#) | [Computer Idee](#) | [Power Unlimited](#) | [Vnunet.nl](#) | [Gizmodo](#) | [Tweakers.net](#)

Ook uitgever van: [Intermediair](#), [PW](#), [Management Team](#), [Sprout](#) en [Nationale Vacaturebank](#)

Info: [Abonneren](#) | [Adverteren](#) | [Privacy](#) | [Disclaimer](#)

 vnu business publications

© 1996-2006 Alle rechten voorbehouden
onderdeel van [vnu.net europe](http://www.vnu.net/europe)

Bijlage 4

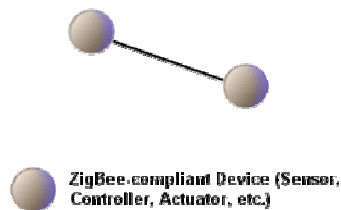
Types of ZigBee Networks

ZigBee networks can be configured to operate in a variety of different ways to suit the application and environment. Supported topologies include:

Peer to Peer (Ad-hoc)

ZigBee nodes connect directly to each other for peer to peer communication

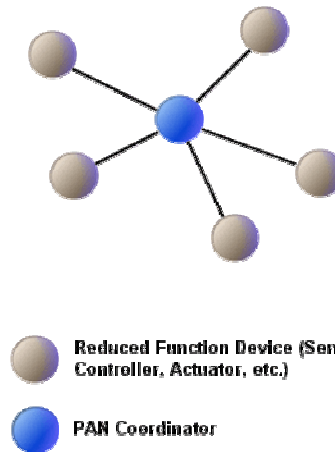
Peer to Peer Network



Star Configuration

Using a single PAN coordinator each node connects directly to the central coordinator – all inter-node communications are passed through the coordinator.

Star Topology Network

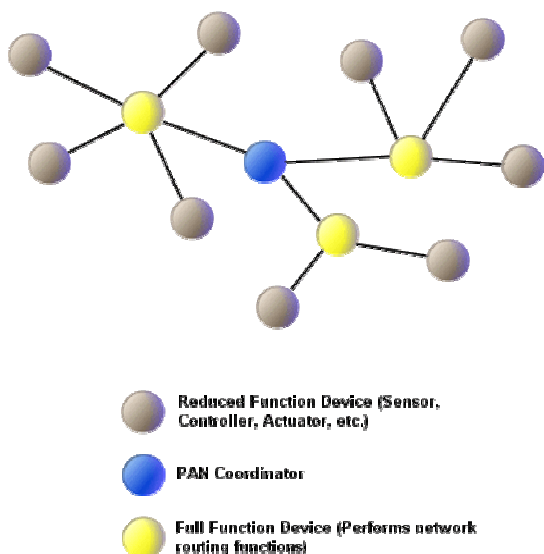


Cluster Tree

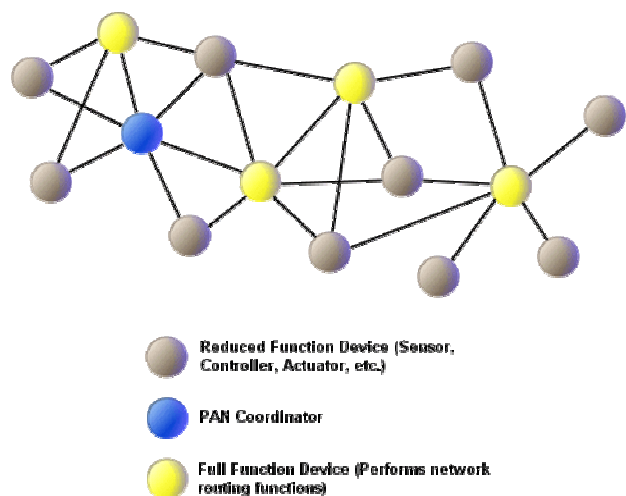
A cluster tree network consists of a number of star networks connected whose central nodes are also in direct communications with the single PAN Coordinator.

Using a set of routers and a single PAN coordinator, the network is formed into an interconnected mesh of routers and end nodes which pass information from node to node using the most cost effective path. Should any individual router become inaccessible, alternate routes can be discovered and used providing a robust and reliable network topography.

Cluster Network



Mesh Network



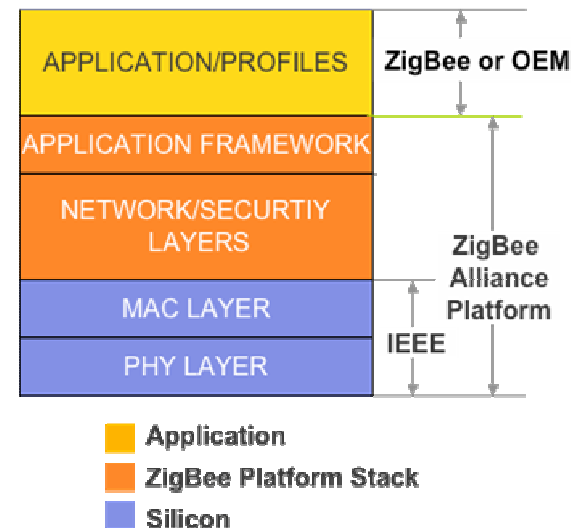
Bijlage 5

What is ZigBee?

- An organization **founded in 2002**, to create a standard for low power, low cost, low data rate, reliable wireless networking
 - Ember VP of marketing Venkat Bahl, is a **founding member** of ZigBee. He currently holds the **Vice-Chairman** position.
- The group consists of **8 promoter companies**, and over 150 member companies, including, OEM's, vendors, and service providers.
 - Ember has been a **promoter longer** than any other **semiconductor vendor**, driving ZigBee from the start.
- The alliance is made up of **sub-groups** driven by elected representatives from member companies.
 - Zachary Smith, **Ember** Senior Software Architect, is the **Technical Editor**, for the Networking Specification.
- ZigBee 1.0 was **ratified December 2004**. Four implementations are the first and only currently compliant implementations.
 - The **EmberZNet** implementation, is **fully compliant**. It is also used by NTS, as the **gold standard** to judge the compliance of others.

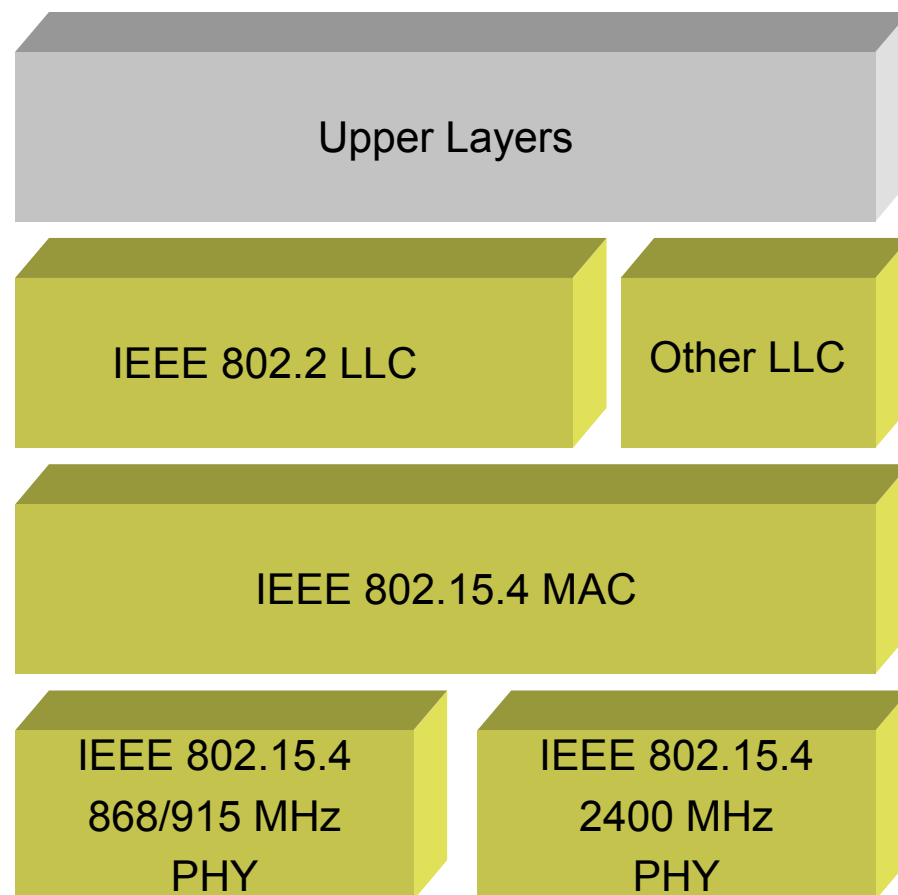
Three ZigBee building blocks:

- 1) **IEEE802.15.4 PHY and MAC**
- 2) **NWK and AF**
- 3) **Profile**

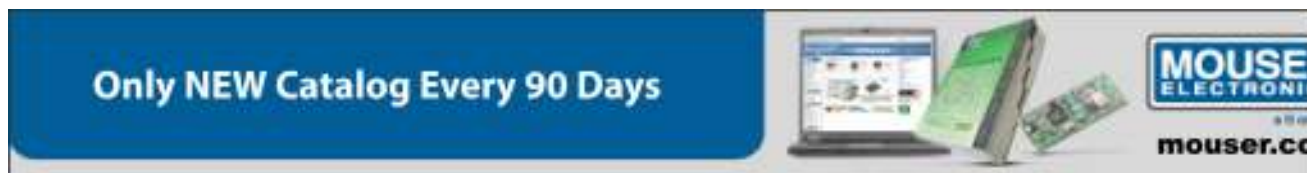


Bijlage 6

802.15.4 Architecture



Bijlage 7



Home networking with Zigbee

By Mikhail Galeev, Courtesy of [Embedded Systems Design](#)

apr 20 2004 (18:00 PM)

URL: <http://www.embedded.com/showArticle.jhtml?articleID=18902431>

Will Bluetooth, ZigBee, and 802.11 all have a place in your home? Here's what ZigBee offers for home wireless networking.

For the last few years, we've witnessed a great expansion of remote control devices in our day-to-day life. Five years ago, infrared (IR) remotes for the television were the only such devices in our homes. Now I quickly run out of fingers as I count the devices and appliances I can control remotely in my house. This number will only increase as more devices are controlled or monitored from a distance.

To interact with all these remotely controlled devices, we'll need to put them under a single standardized control interface that can interconnect into a network, specifically a HAN or home-area network. One of the most promising HAN protocols is ZigBee, a software layer based on the IEEE 802.15.4 standard. This article will introduce you to ZigBee—how it works and how it may be more appropriate than simply accumulating more remotes.

Why so many remotes? Right now, the more remotely controlled devices we install in our homes, the more remotes we accumulate. Devices such as TVs, garage door openers, and light and fan controls predominantly support one-way, point-to-point control. They're not interchangeable and they don't support more than one device. Because most remotely controlled devices are proprietary and not standardized among manufacturers, even those remotes used for the same function (like turning on and off lights) are not interchangeable with similar remotes from different manufacturers. In other words, you'll have as many separate remote control units as you have devices to control.

Some modern IR remotes enable you to control multiple devices by "learning" transmitting codes. But because the range for IR control is limited by line of sight, they're used predominantly for home entertainment control.

A HAN can solve both problems because it doesn't need line-of-sight communication and because a single remote (or other type of control unit) can command many devices.

First there was X-10

Of the few attempts to establish a standard for home networking that would control various home appliances, the X-10 protocol is one of the oldest. It was introduced in 1978 for the Sears Home Control System and the Radio Shack Plug'n Power System. It uses power line wiring to send and receive commands. The X-10 PRO code format is the de facto standard for power line carrier transmission.

X-10 transmissions are synchronized to the zero-crossing point of the AC power line. A binary 1 is represented by a 1ms burst of 120KHz at the zero-cross point and binary 0 by the absence of 120KHz. The network consists of transmitter units, receiver units, and bidirectional units that can receive and transmit X-10 commands. Receiving units work as remote control power switches to control home appliances or as remote control dimmers for lamps. The transmitter unit is typically a normally-open switch that sends a predefined X-10 command if the switch is closed. The X-10 commands enable you to change the status of the appliance unit (turn it on or off) or to control the status of a lamp unit (on, off, dim, bright). Bidirectional units may send their current status (on or off) upon request. A special code is used to accommodate the data transfer from analog sensors.

Currently, a broad range of devices that control home appliances using the X-10 protocol is available from Radio Shack or web retailers such as www.smarthome.com and www.x10.com.

Availability and simplicity have made X-10 the best-known home automation standard. It enables plug-and-play operation with any home appliance and doesn't require special knowledge to configure and operate a home network.

The downside of its simplicity is slow speed, low reliability, and lack of security. The effective data transfer rate is 60bps, too slow for any meaningful data communication between nodes. High redundancy in transition is dictated by heavy signal degradation in the power line. For any power appliances, the X-10 transmission looks like noise and is subject to removal by the power line filters. Reliability and security issues rule out the use of the X-10 network for critical household applications like remote control of an entry door.

Table 1: Wireless technology comparison chart

Standard	Bandwidth	Power Consumption	Protocol Stack Size	Stronghold	Applications
Wi-Fi	Up to 54Mbps	400+mA TX, standby 20mA	100+KB	High data rate	Internet browsing, PC networking, file transfers
Bluetooth	1Mbps	40mA TX, standby 0.2mA	~100+KB	Interoperability, cable replacement	Wireless USB, handset, headset
ZigBee	250kbps	30mA TX, standby 3#&956;A	4"32KB	Long battery life, low cost	Remote control, battery-operated products, sensors

In the last few years, new wireless local area networks (WLANs) such as Wi-Fi and Bluetooth became available. Table 1 shows the strengths and applications of these different systems. Wireless cameras for remote monitoring are an example of how to employ those technologies in home automation and control areas. But the problem is that those technologies don't satisfy the requirements for a HAN.

If we take a look at the type of data that circulates within a network of sensors and actuators, we may find that most of it is small packets that control devices or obtain their status. For many applications, such as wireless smoke and CO2 detectors or wireless home security, the device mostly stays in deep-sleep mode and only sends a short burst of information if a trigger event occurs. The main requirements for devices in such types of networks are:

- extremely low power consumption
- the ability to sleep for a long time
- simplicity
- low cost

A home network should also support different configurations, such as a star or mesh network, to effectively cover a household area of 30 to 70 meters.

What is ZigBee?

ZigBee is a home-area network designed specifically to replace the proliferation of individual remote controls. ZigBee was created to satisfy the market's need for a cost-effective, standards-based wireless network that supports low data rates, low power consumption, security, and reliability. To address this need, the ZigBee Alliance, an industry working group (www.zigbee.org), is developing standardized application software on top of the IEEE 802.15.4 wireless standard. The alliance is working closely with the IEEE to ensure an integrated, complete, and interoperable network for the market. For example, the working group will provide interoperability certification testing of 802.15.4 systems that include the ZigBee software layer.

The ZigBee Alliance will also serve as the official test and certification group for ZigBee devices. ZigBee is the only standards-based technology that addresses the needs of most remote monitoring and control and sensory network applications.

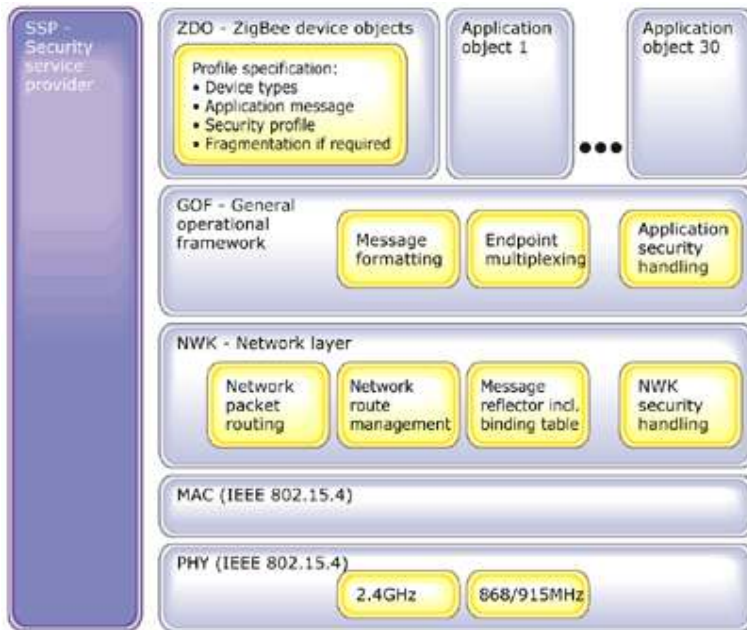


Figure 1: ZigBee stack architecture

It may be helpful to think of IEEE 802.15.4 as the physical radio and ZigBee as the logical network and application software, as Figure 1 illustrates. Following the standard Open Systems Interconnection (OSI) reference model, ZigBee's protocol stack is structured in layers. The first two layers, physical (PHY) and media access (MAC), are defined by the IEEE 802.15.4 standard. The layers above them are defined by the ZigBee Alliance. The IEEE working group passed the first draft of PHY and MAC in 2003. A final version of the network (NWK) layer is expected sometime this year.

ZigBee-compliant products operate in unlicensed bands worldwide, including 2.4GHz (global), 902 to 928MHz (Americas), and 868MHz (Europe). Raw data throughput rates of 250Kbps can be achieved at 2.4GHz (16 channels), 40Kbps at 915MHz (10 channels), and 20Kbps at 868MHz (1 channel). The transmission distance is expected to range from 10 to 75m, depending on power output and environmental characteristics. Like Wi-Fi, Zigbee uses direct-sequence spread spectrum in the 2.4GHz band, with offset-quadrature phase-shift keying modulation. Channel width is 2MHz with 5MHz channel spacing. The 868 and 900MHz bands also use direct-sequence spread spectrum but with binary-phase-shift keying modulation.

Frame structure

Figure 2 illustrates the four basic frame types defined in 802.15.4: data, ACK, MAC command, and beacon.

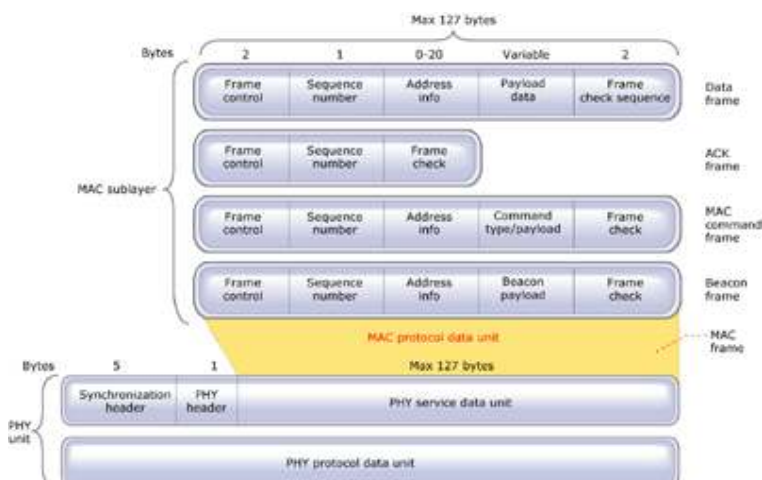


Figure 2: The four basic frame types defined in 802.15.4: Data, ACK, MAC command, and beacon

The *data frame* provides a payload of up to 104 bytes. The frame is numbered to ensure that all packets are tracked. A frame-check sequence ensures that packets are received without error. This frame structure improves reliability in difficult conditions.

Another important structure for 802.15.4 is the *acknowledgment (ACK) frame*. It provides feedback from the receiver to the sender confirming that the packet was received without error. The device takes advantage of specified "quiet time" between frames to send a short packet immediately after the data-packet transmission.

A *MAC command frame* provides the mechanism for remote control and configuration of client nodes. A centralized network manager uses MAC to configure individual clients' command frames no matter how large the network.

Finally, the *beacon frame* wakes up client devices, which listen for their address and go back to sleep if they don't receive it. Beacons are important for mesh and cluster-tree networks to keep all the nodes synchronized without requiring those nodes to consume precious battery energy by listening for long periods of time.

Channel access, addressing

Two channel-access mechanisms are implemented in 802.15.4. For a non-beacon network, a standard ALOHA CSMA-CA (carrier-sense medium-access with collision avoidance) communicates with positive acknowledgement for successfully received packets. In a beacon-enabled network, a superframe structure is used to control channel access. The superframe is set up by the network coordinator to transmit beacons at predetermined intervals (multiples of 15.38ms, up to 252s) and provides 16 equal-width time slots between beacons for contention-free channel access in each time slot. The structure guarantees dedicated bandwidth and low latency. Channel access in each time slot is contention-based. However, the network coordinator can dedicate up to seven guaranteed time slots per beacon interval for quality of service.

Device addresses employ 64-bit IEEE and optional 16-bit short addressing. The address field within the MAC can contain both source and destination address information (needed for peer-to-peer operation). This dual address information is used in mesh networks to prevent a single point of failure within the network.

Device types

ZigBee networks use three device types:

- The *network coordinator* maintains overall network knowledge. It's the most sophisticated of the three types and requires the most memory and computing power.
- The *full function device (FFD)* supports all 802.15.4 functions and features specified by the standard. It can function as a network coordinator. Additional memory and computing power make it ideal for network router functions or it could be used in network-edge devices (where the network touches the real world).
- The *reduced function device (RFD)* carries limited (as specified by the standard) functionality to lower cost and complexity. It's generally found in network-edge devices.

Power and beacons

Ultra-low power consumption is how ZigBee technology promotes a long lifetime for devices with nonrechargeable batteries. ZigBee networks are designed to conserve the power of the slave nodes. For most of the time, a slave device is in deep-sleep mode and wakes up only for a fraction of a second to confirm its presence in the network. For example, the transition from sleep mode to data transition is around 15ms and new slave enumeration typically takes just 30ms.

ZigBee networks can use beacon or non-beacon environments. Beacons are used to synchronize the network devices, identify the HAN, and describe the structure of the superframe. The beacon intervals are set by the network coordinator and vary from 15ms to over 4 minutes. Sixteen equal time slots are allocated between beacons for message delivery. The channel access in each time slot is contention-based. However, the network coordinator can dedicate up to seven guaranteed time slots for noncontention based or low-latency delivery.

The *non-beacon mode* is a simple, traditional multiple-access system used in simple peer and near-peer networks. It operates like a two-way radio network, where each client is autonomous and can initiate a conversation at will, but could interfere with others unintentionally. The recipient

may not hear the call or the channel might already be in use.

Beacon mode is a mechanism for controlling power consumption in extended networks such as cluster tree or mesh. It enables all the clients to know when to communicate with each other. Here, the two-way radio network has a central dispatcher that manages the channel and arranges the calls. The primary value of beacon mode is that it reduces the system's power consumption.

Non-beacon mode is typically used for security systems where client units, such as intrusion sensors, motion detectors, and glass-break detectors, sleep 99.999% of the time. Remote units wake up on a regular, yet random, basis to announce their continued presence in the network. When an event occurs, the sensor wakes up instantly and transmits the alert ("Somebody's on the front porch"). The network coordinator, powered from the main source, has its receiver on all the time and can therefore wait to hear from each of these stations. Since the network coordinator has an "infinite" source of power it can allow clients to sleep for unlimited periods of time, enabling them to save power.

Beacon mode is more suitable when the network coordinator is battery-operated. Client units listen for the network coordinator's beacon (broadcast at intervals between 0.015 and 252s). A client registers with the coordinator and looks for any messages directed to it. If no messages are pending, the client returns to sleep, awaking on a schedule specified by the coordinator. Once the client communications are completed, the coordinator itself returns to sleep.

This timing requirement may have an impact on the cost of the timing circuit in each end device. Longer intervals of sleep mean that the timer must be more accurate or turn on earlier to make sure that the beacon is heard, both of which will increase receiver power consumption. Longer sleep intervals also mean the timer must improve the quality of the timing oscillator circuit (which increases cost) or control the maximum period of time between beacons to not exceed 252s, keeping oscillator circuit costs low.

Security

Security and data integrity are key benefits of the ZigBee technology. ZigBee leverages the security model of the IEEE 802.15.4 MAC sublayer which specifies four security services:

- access control—the device maintains a list of trusted devices within the network
- data encryption, which uses symmetric key 128-bit advanced encryption standard
- frame integrity to protect data from being modified by parties without cryptographic keys
- sequential freshness to reject data frames that have been replayed—the network controller compares the freshness value with the last known value from the device and rejects it if the freshness value has not been updated to a new value

The actual security implementation is specified by the implementer using a standardized toolbox of ZigBee security software.

Network layer

The NWK layer associates or dissociates devices using the network coordinator, implements security, and routes frames to their intended destination. In addition, the NWK layer of the network coordinator is responsible for starting a new network and assigning an address to newly associated devices.

The NWK layer supports multiple network topologies including star, cluster tree, and mesh, all of which are shown in Figure 3.

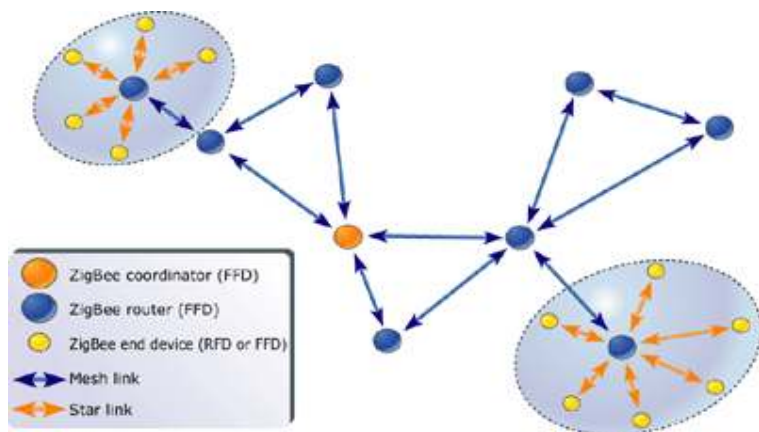


Figure 3: ZigBee network model

In a star topology, one of the FFD-type devices assumes the role of network coordinator and is responsible for initiating and maintaining the devices on the network. All other devices, known as end devices, directly communicate with the coordinator.

In a mesh topology, the ZigBee coordinator is responsible for starting the network and for choosing key network parameters, but the network may be extended through the use of ZigBee routers. The routing algorithm uses a request-response protocol to eliminate sub-optimal routing. Ultimate network size can reach 264 nodes (more than we'll probably need). Using local addressing, you can configure simple networks of more than 65,000 (2^{16}) nodes, thereby reducing address overhead.

The *General Operation Framework (GOF)* is a glue layer between applications and rest of the protocol stack. The GOF currently covers various elements that are common for all devices. It includes subaddressing and addressing modes and device descriptions, such as type of device, power source, sleep modes, and coordinators. Using an object model, the GOF specifies methods, events, and data formats that are used by application profiles to construct set/get commands and their responses.

Actual application profiles are defined in the individual profiles of the IEEE's working groups. Each ZigBee device can support up to 30 different profiles. Currently, only one profile, Commercial and Residential Lighting, is defined. It includes switching and dimming load controllers, corresponding remote-control devices, and occupancy and light sensors.

The ZigBee stack is small in comparison to other wireless standards. For network-edge devices with limited capabilities, the stack requires about 4Kb of the memory. Full implementation of the protocol stack takes less than 32Kb of memory. The network coordinator may require extra RAM for a node devices database and for transaction and pairing tables. The 802.15.4 standard defines 26 primitives for the PHY and MAC layers; probably another dozen will be added after finalizing the NWK layer specification. Those numbers are still modest compared to 131 primitives defined for Bluetooth. Such a compact footprint enables you to run Zigbee on a simple 8-bit microcontroller such as an HC08- or 8051-based processor core.

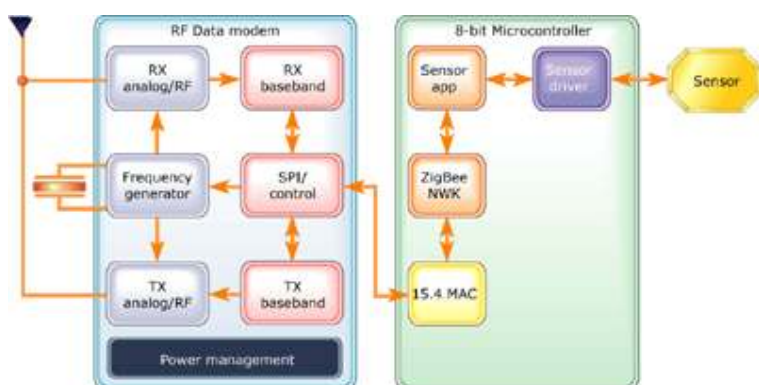


Figure 4: A typical ZigBee-enabled device will consist of RF IC and 8-bit microprocessor with peripherals connected to an application sensor or actuators

As Figure 4 shows, a typical ZigBee-enabled device includes a radio frequency integrated circuit (RF IC) with a partially implemented PHY layer connected to a low-power, low-voltage 8-bit

microcontroller with peripherals, connected to an application sensor or actuators. The protocol stack and application firmware reside in on-chip flash memory. The entire ZigBee device can be compact and cost efficient.

Motorola and Atmel already offer a set of RF ICs and microcontrollers for ZigBee. Chipcon is sampling 802.15.4-compliant RF ICs for the 2.4GHz band. Currently, a ZigBee chip set costs about \$7, but that price should fall to \$2 after market acceptance. Studies suggest that it will happen in the new few years. It may take a year or more to determine how much ZigBee will be accepted in the market.

Consulting the crystal ball

IEEE 802.15.4 is a new standard that still needs to pass through the circles of rigorous technology critics and establish its own place in the industry. Predictions for the future of ZigBee-enabled devices are a popular topic for numerous market-research firms. But as with any crystal ball reading, the results of those analyses are subject to interpretation.

While I intend to stay objective, I believe, based on protocol features implemented in 802.15.4, that ZigBee has a bright future. Backed by IEEE, ZigBee has the potential to unify methods of data communication for sensors, actuators, appliances, and asset-tracking devices. It offers a means to build a reliable but affordable network backbone that takes advantage of battery-operated devices with a low data rate and a low duty cycle. ZigBee can be used in many applications, from industrial automation, utility metering, and building control to even toys. Home automation, however, is the biggest market for ZigBee-enabled devices. This follows from the number of remote controlled devices (or devices that may be connected wirelessly) in the average household. This cost-effective and easy-to-use home network potentially creates a whole new ecosystem of interconnected home appliances, light and climate control systems, and security and sensor subnetworks.

Mikhail Galeev is a senior engineer at Motorola with seven years experience in firmware design for embedded systems. He holds a BS in applied physics from Rostov State University, Russia, and an MSEE from the University of South Alabama, Mobile. You may reach him at Mikhail.Galeev@motorola.com.

Further Reading

Callaway, Edgar and Edgar Callaway, Jr. *Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols*. CRC Press, 2003.

Barrett, Raymond, Edgar Callaway, and Jose Gutierrez. *IEEE 802.15.4 Low-Rate Wireless Personal Area Networks: Enabling Wireless Sensor Networks*. Inst of Elect & Electronic, 2003.

Copyright 2005 © [CMP Media LLC](http://www.cmpmedia.com)



Bijlage 8

ALOHA PROTOCOL

ALOHA PROTOCOL:

Aloha, also called the *Aloha method*, refers to a simple communications scheme in which each source (transmitter) in a network sends data whenever there is a frame to send. If the frame successfully reaches the destination (receiver), the next frame is sent. If the frame fails to be received at the destination, it is sent again. This protocol was originally developed at the University of Hawaii for use with satellite communication systems in the Pacific.

In a wireless broadcast system or a half-duplex two-way link, Aloha works perfectly. But as networks become more complex, for example in an Ethernet system involving multiple sources and destinations in which data travels many paths at once, trouble occurs because data frames collide (conflict). The heavier the communications volume, the worse the collision problems become. The result is degradation of system efficiency, because when two frames collide, the data contained in both frames is lost.

To minimize the number of collisions, thereby optimizing network efficiency and increasing the number of subscribers that can use a given network, a scheme called slotted Aloha was developed. This system employs signals called beacons that are sent at precise intervals and tell each source when the channel is clear to send a frame. Further improvement can be realized by a more sophisticated protocol called Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA).

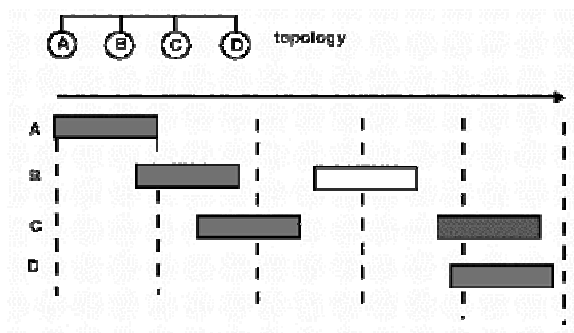
In 1970s, Norman Abramson and his colleagues at the University of Hawaii devised a new and elegant method to solve the channel allocation problem. Many researchers have extended their work since then. Although Abramson's work, called the Aloha System, used ground-based radio broadcasting, the basic idea is applicable to any system in which uncoordinated users are competing for the use of a single shared channel.

The two several of ALOHA are:

- PUREALOHA
- SLOTTED ALOHA

The Aloha Protocol

- simple: if you have Packet to send, "just do it"
- if Packet suffers collision, will try resending later



Analyzing the Aloha Protocol

Goal: quantitative understanding of performance of Aloha protocol

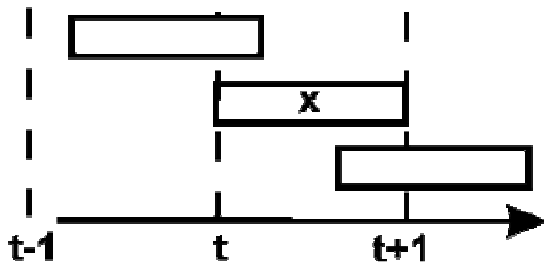
- fixed length Packets
- Packet transmission time is unit of time
- throughput: S: number Packets successfully (without collision) transmitted per unit time
 - in previous example, $S = 0.2$ Packet/unit time
- offered load: G: number Packet transmissions attempted per unit time
 - note: $S < G$, but S depends on G
 - Poisson model: probability of k Packet transmission attempts in t time units:

$$\text{Prob}[k \text{ trans in } t] = ((Gt)^k / k!) (e^{-(Gt)})$$

- capacity of multiple access protocol: maximum value of S over all values of G

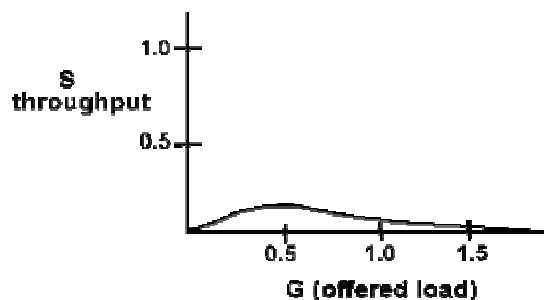
Analyzing Aloha (cont)

focus on a given attempted packet transmission



$$\begin{aligned} S &= \text{rate attempted Packet trans} * \text{prob}[\text{trans successful}] \\ &= G * \text{prob}[\text{no other Packet's overlap with attempted trans}] \\ &= G * \text{prob}[0 \text{ other attempted trans in } 2 \text{ time units}] \\ &= G e^{-(2G)} \end{aligned}$$

Aloha throughput



Note: maximum throughput is 18% of physical channel capacity

you buy 1 Mb link, throughput will never be more than 180Kb!

Bijlage 9

AODV

The Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) routing algorithm is a routing protocol designed for ad hoc mobile networks. AODV is capable of both unicast and multicast routing. It is an on demand algorithm, meaning that it builds routes between nodes only as desired by source nodes. It maintains these routes as long as they are needed by the sources. Additionally, AODV forms trees which connect multicast group members. The trees are composed of the group members and the nodes needed to connect the members. AODV uses sequence numbers to ensure the freshness of routes. It is loop-free, self-starting, and scales to large numbers of mobile nodes. AODV builds routes using a route request / route reply query cycle. When a source node desires a route to a destination for which it does not already have a route, it broadcasts a route request (RREQ) packet across the network. Nodes receiving this packet update their information for the source node and set up backwards pointers to the source node in the route tables. In addition to the source node's IP address, current sequence number, and broadcast ID, the RREQ also contains the most recent sequence number for the destination of which the source node is aware. A node receiving the RREQ may send a route reply (RREP) if it is either the destination or if it has a route to the destination with corresponding sequence number greater than or equal to that contained in the RREQ. If this is the case, it unicasts a RREP back to the source. Otherwise, it rebroadcasts the RREQ. Nodes keep track of the RREQ's source IP address and broadcast ID. If they receive a RREQ which they have already processed, they discard the RREQ and do not forward it.

As the RREP propagates back to the source, nodes set up forward pointers to the destination. Once the source node receives the RREP, it may begin to forward data packets to the destination. If the source later receives a RREP containing a greater sequence number or contains the same sequence number with a smaller hopcount, it may update its routing information for that destination and begin using the better route.

As long as the route remains active, it will continue to be maintained. A route is considered active as long as there are data packets periodically travelling from the source to the destination along that path. Once the source stops sending data packets, the links will time out and eventually be deleted from the intermediate node routing tables. If a link break occurs while the route is active, the node upstream of the break propagates a route error (RERR) message to the source node to inform it of the now unreachable destination(s). After receiving the RERR, if the source node still desires the route, it can reinitiate route discovery.

Multicast routes are set up in a similar manner. A node wishing to join a multicast group broadcasts a RREQ with the destination IP address set to that of the multicast group and with the 'J'(join) flag set to indicate that it would like to join the group. Any node receiving this RREQ that is a member of the multicast tree that has a fresh enough sequence number for the multicast group may send a RREP. As the RREPs propagate back to the source, the nodes forwarding the message set up pointers in their multicast route tables. As the source node receives the RREPs, it keeps track of the route with the freshest sequence number, and beyond that the smallest hop count to the next multicast group member. After the specified discovery period, the source node will unicast a Multicast Activation (MACT) message to its selected next hop. This message serves the purpose of activating the route. A node that does not receive this message that had set up a multicast route pointer will timeout and delete the pointer. If the node receiving the MACT was not already a part of the multicast tree, it will also have been keeping track of the best route from the RREPs it received. Hence it must also unicast a MACT to its next hop, and so on until a node that was previously a member of the multicast tree is reached.

AODV maintains routes for as long as the route is active. This includes maintaining a multicast tree for the life of the multicast group. Because the network nodes are mobile, it is likely that many link breakages along a route will occur during the lifetime of that route. The papers listed below describe how link breakages are handled. The WMCSA paper describes AODV without multicast but includes detailed simulation results for networks up to 1000 nodes. The Mobicom paper describes AODV's multicast operation and details simulations which show its correct operation. The internet drafts include descriptions of both unicast and multicast route discovery, as well as mentioning how QoS and subnet aggregation can be used with AODV. Finally, the IEEE Personal Communications paper and the Infocom paper details an in-depth study of simulations comparing AODV with the Dynamic Source Routing (DSR) protocol, and examines each protocol's respective strengths and weaknesses.

Bijlage 10

Quarter wave omni-directional "spider omni" antenna for 2.4GHz / 802.11b / WiFi / WLAN

Author: Dave Gough. Email: spacepleb at psand dot net

[Latest version of this document](http://www.flakey.info/antenna/omni/quarter/) is available at <http://www.flakey.info/antenna/omni/quarter/>

This version last updated 22 December 2005 (2005-12-22)

[Flakey.info homepage](http://www.flakey.info/)

This omni directional antenna, nicknamed the Spider Omni, was built in response to finding a simple diagram in an old book. After scaling to the correct frequency, it was built to help augment an 802.11b vehicle-based community wireless network effectively and cheaply. The original prototype is still working well after three years. This document explains how it was made.

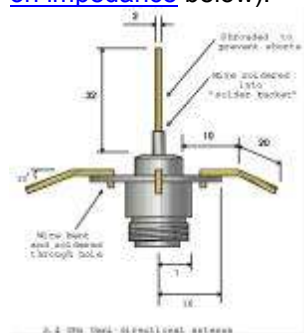


Note - This antenna is for use with 802.11b wireless computer networks or 2.4GHz video sending equipment. It is not for FM / AM / SW / LW radio useage.

The omni directional antenna, with a cigarette for scale.

1. Overview

The omni-directional antenna was built using an N-type chassis mount connector with short lengths of stiff fencing wire soldered into each corner hole. The driven element (the wire soldered into the centre, or conductor) was a quarter wavelength (32 millimetres) as was each ground plane (four soldered around the body of the connector). Each groundplane was cut to length and then bent over at 30 degrees below the horizontal to attempt to match the impedance to 50 Ohms (although see the [note on impedance](#) below).



A semi-technical drawing of the antenna. [Enlarge](#).

2. Construction

2.1. The antenna body - an N-type connector

The N-type connector was obtained from [R.S.](#) at £2.93 GBP (part number 112-2139). On the packaging it had printed: Telegartner (presumably manufacturer) Type: N-Flanschbuchse J01021H1082 Tel +49 (0) 7157/125-0 Fax -120

2.2. The wire

Prototypes were made with thinner wire (twin and earth from domestic main installations, 16 Amps), but the resulting antennas were too flimsy to store or use reliably. We ended up using the thickest, stiffest fencing wire that would fit in the holes of the N connector body. It was only bendable with two decent sets of pliers which means that in use it remains in place, even with quite a heavy bird on it...

2.3. The solder connections

Soldering to the "solder bucket" in the centre of the connector was easy because it has been pre-tinned. The same was not true for soldering to the holes in the body of the connector. The area around

these needed a good roughing up with sandpaper, then tinning by applying solder until it flowed, then the wire soldering into the holes until all the solder flowed together, while the whole connector is hot. This means the connector gets really sodding hot (ensure it's in a safe place and well held - a vice, mole-grips), fortunately the dielectric (insulating plastic) did not melt, as has happened on cheaper connectors. All solder connections were tested by "wiggling" when cool - a very telling test. I have had many emails from people who have made this design and have had good results, some of them looking much better than the original prototype above. Since making the first one I have bought an 80 Watt soldering iron (though not temperature controlled) and this has made the soldering much easier, so I would recommend using nothing less than 80 Watts.



This picture was sent to me ([enlarge image](#)). Antenna made by John, thanks for the photo. This one is made using brass rods bought from a local hobby shop, heatshrink tubing and some neat soldering! (he used 135 Watt iron)
There is another good example of one made by Josh at <http://home.att.net/~jjmorrissiey/JMorrissiey.html>

2.4. Insulation

The central conductor was shrouded with the outer plastic stripped from wire of the same gauge. Initially this was not even pushed all the way down to the dielectric (the gap shows in the photo at the top of the document).

Since then heatshrink tubing has become hot favourite for insulating, it is more effective and easier to fit, and should insulate right down to the dielectric. Be careful to cut it square and clean so that it does not split when heated, as splits can travel over time.

3. Impedance

This antenna should have an impedance of 50 Ohms.

I have been emailed by people using this design with a bend of 45 degrees, and that this worked better to give 50 Ohms. If the impedance is wrong then it would be possible to damage the amplifier or 802.11 card to which it is connected.

The original prototype (with 30 degree bends) is still working well after a year and a half. Although looking back at the photos, the prototypes may well have been more like 45 degrees, both seem to work well. I have mended one in the field by eye, after sustaining damage whilst in use on an [internet rickshaw](#), and still it worked well. I will investigate the angle further.

Ideally an SWR (Standing Wave Ratio) meter should be used to "tune" the antenna once made.

4. Weatherproofing

So far this antenna has not seemed to need weatherproofing.

For temporary mounting outdoors sealing the joint between the N connectors with self-amalgamating PTFE (Polytetrafluoroethylene) tape, silicon sealant, heatshrink etc. helps to avoid ingress of moisture into the cable.

For long term installation outdoors it would be prudent to house the antenna and N connection in a plastic food container (check that it is safe for use in a microwave oven first, and be aware that some plastics effect signal strength).

5. Mounting

When we have used this antenna it has been sufficient to screw it to the cable and affix the cable securely; this is using URM67 coaxial cable which is 10mm outer diameter and resists bending. The antenna is so strong and light the cable seems to provide adequate mounting in itself.



The antenna mounted on an N-type cable.

6. Cost

What can I say? A bargain at £2.93 GBP, assuming you find the fencing wire in the rubbish (or a local fence) and don't really have to pay for your solder.

7. Performance

From experience of useage in a variety of situations and surroundings, I would estimate the gain of this antenna to be around a 3 dB improvement over a Buffalo pcmcia card internal antenna , with a much smoother polar coverage (allowing for the losses in a pigtail, and 6 or 7 metres of URM67 cable, and connectors).

In use on a flat field, using two of these antennae attached to pcmcia 802.11b cards via cable and pigtails, we were able to maintain an 11Mb/s network at between 400 to 500 metres with clear line of sight.

You may be able to tell from the lack of absolute measurments in my results that I do not have access to calibrated test equipment, or the time to carry out well documented tests. If anybody does, please let me know the results!

7.1. Examples of use in "the field"

[Solar and Pedal powered Internet "cafe" and community network at the Big Green Gathering](#) - 2002

[Radio webcasting from the Big Chill](#) - 2002

[Internet enabled pedal rickshaw](#) - 2003

8. Warning

Apart from the fact it works really well, no-one has yet popped on their lab-coat and done any high-brow tests on this "homebrew twig", and of course manufacturers recommend you don't do anything which they don't recommend, or attach non-proprietary stuff to their stuff. Of course.

The cigarette shown in the picture is for scale only. Do not try and smoke it.

9. References

Antennas for VHF and UHF - I.D.Poole - Babani Publishing - ISBN 0-85934-246-8

Bijlage 11

The EM2420 Communication Module presented here has been built and tested. The module exhibits a nominal transmit power of -0.5 dBm* and a receive sensitivity of -94 dBm†. The line-of-site range between two devices is 75 meters, measured using ½ wave dipole antennas in an open environment. When powered at 3.3V, the module draws 22.7 mA in transmit mode and 25.2 mA in receive mode. With the radio disabled, the module draws only 5.6 mA. When the entire module is in sleep mode, the current draw is reduced to approximately 12 µA. The design contains a total of 35 parts, including the EM2420, microcontroller and RF connector.

* A transmit power of +1.5 dBm was achieved by changing the EM2420's configuration registers, but the current draw increased by approximately 4.5mA.

† Receive sensitivity is defined by IEEE 802.15.4 as the input power at which a 1% packet error rate occurs for 20-byte packets.

Bijlage 12

1-Wire Addressable Digital Instruments for Environmental Monitoring



Several 1-Wire analog-to-digital converters (ADCs) have recently been introduced that make it possible to measure a wide range of environmental properties over a single twisted pair, and which open the way to a new generation of transducers called addressable digital instruments (ADIs). An ADI consists of a sensing element or elements, a 1-Wire chip that converts the input into a digital format, and some peripheral and protection components. A distinct advantage of ADIs is that they all interface to the master in the same manner, regardless of the particular property being measured. Whether the essential sensing element is voltage, current, or resistive based, all communication occurs over the net using half-duplex 1-Wire protocol. (This feature is in contrast to methods that incorporate a variety of signal conditioning circuitry such as instrumentation amplifiers and voltage-to-frequency converters, a design that necessarily makes their outputs different and often requires a separate cable and power source per sensor.) The unique ID address or serial number of each sensor is the key for the bus master to interpret which parameter a particular ADI is measuring. The ID also allows multiple ADIs to be placed on the same cable, reducing installation and maintenance costs.

Since the science of meteorology is a familiar example of an application requiring diverse sensors, several examples of 1-Wire instrumentation designed for use in a weather station will serve to illustrate their design simplicity and versatility. In addition to the temperature and wind speed and direction that a basic weather station may measure,

environmental monitors commonly measure rainfall, humidity, barometric pressure, and solar radiation as well. And many systems add several other sensors to determine dew point and detect lightning strikes. The circuits presented here not only show how to transform the specified sensing elements into an ADI, but also illustrate the ease with which the concepts can be extended to other instruments not described.

Note that at the center of every ADI is a chip that converts an input or inputs into a digital format that communicates over the net with a common protocol. For example, the DS2423 counter has inputs that respond to logic level changes or switch closures, and includes a 1-Wire interface front end that makes it suitable for various rate or event sensors.

Measuring Rain

Many events call for measurement of either a total, or a count per unit time (rate). Examples include wind speed and rainfall or the number of times a wheel has rotated, from which rpm and distance can be computed. A magnetically actuated reed switch used as an input

to a DS2423 counter allows such events to be easily measured. A basic reed switch circuit suitable for a rain gauge or wind speed sensor is shown in Figure 1. The dual diode BAT54S serves to protect the circuit from signals that go below ground, and, with C1, provides a local source of power. While the DS2423 has an internal pull-up resistor to keep the input from floating, its high value ($\sim 22\text{ M}\Omega$) can make it susceptible to noise. To avoid generating spurious counts during turn-

on and minimize noise pickup, an external $1\text{ M}\Omega$ pull-down resistor is substituted. Except for lithium backup (not shown), this is the counter circuit used in the 1-Wire rain gauge. Here, a small permanent magnet moves past the reed switch each time a tipping bucket fills and empties. This momentarily closes the reed switch that increments the counter, indicating that 0.01 in. of rain has fallen. A similar circuit is used in the 1-Wire weather station to measure wind speed. The same circuit (also with lithium backup) has also been used as a hub-mounted wheel odometer. Conveniently, the DS2423 also contains 4096 bits of user-accessible SRAM that can be used for temporary storage, or, where lithium backup is provided, for calibration, location, and routine inspection information.

And Wind

Besides knowing wind speed, the direction from which the wind is blowing is of particular interest and may be measured with an ADI. While the original 1-Wire weather station used a DS2401 silicon serial number to label each of the eight magnetic reed switches in its wind direction sensor, a single DS2450 quad ADC can perform the same functions. As in the DS2423 counter circuit, a dual-diode BAT54S protects the circuit from signals that go below ground, and, with C1, provides a local source of power. Note

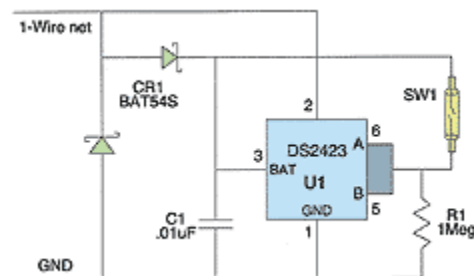


Figure 1. This basic ADI circuit incorporating a DS2423 counter with a reed switch input is used to measure rate such as wind speed and rainfall. It may also be used as a hub-mounted wheel odometer for counting tire rotations.

that C1 has been increased from 0.01 to 10 μF to ensure that the voltage across the resistor network remains relatively constant. As shown in Figure 2, a single D2450 replaces the eight DS2401s originally used with five fixed resistors.

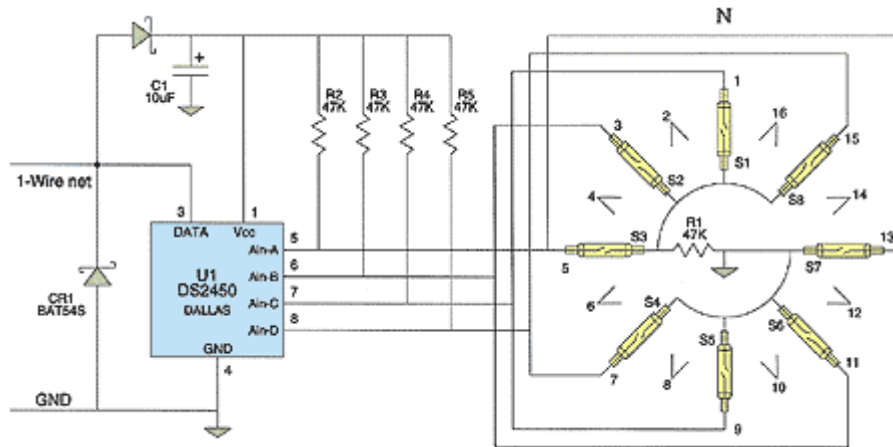


Figure 2. A wind direction sensor based on the DS2450 quad ADC differs from the previous design in that no initialization is required; each compass point generates a unique digital code.

As the wind rotates the wind vane, a magnet mounted on a rotor that tracks the rotation opens and closes one (or two) of the reed switches. When a reed switch closes, it changes the voltages seen on the input pins of U1, the DS2450. For example, if the magnet is in a position to close S1 (North), the voltage seen on pin 7 changes from V_{cc} to $\frac{1}{2} V_{cc}$, or approximately 5–2.5 V. Since all 16 positions of the wind vane produce unique 4-bit signals from the ADC, it is an absolute indicator.

There is accordingly no need to initialize the sensor or store a tagging code on the board as was required by the original 1-Wire weather station. It is necessary only to indicate North, or, equivalently, the direction the wind vane is pointing. Table 1 lists the voltages seen at the ADC inputs for all 16 cardinal points.

Because two reed switches are closed when the magnet is halfway between them, 16 compass points are indicated with just eight reed switches. Referring to the schematic and position 2 in Table 1, observe that when S1 and S2 are closed, 3.3 V is applied to ADC inputs A and B. The reason is that pull-up resistors R2 and R3 are placed in parallel and the pair is connected in series with R1 to form a voltage divider with $0.66 V_{CC}$ across R1. Notice that this also occurs twice more at switch positions 4 and 16.

The DS2438, a Versatile Performer

Originally designed to measure the condition of a battery pack, the DS2438 contains two ADCs and a temperature sensor. The main ADC performs 10-bit conversion on a 0–10 V input, or 9-bit conversion on a 0–5 V signal with an internal multiplexer that allows it to read the voltage applied to its power supply pin. The other ADC was intended to measure the voltage developed by large battery currents flowing across an external 0.05Ω resistor with signed 10-bit accuracy at a full-scale reading of ± 250 mV. The DS2438 also contains a 13-bit temperature sensor similar to the DS18B20. Among other additional features such as a real-time clock, the part provides 40 bytes of nonvolatile memory that is useful for storing calibration, location, and function information. The introduction of this part simplifies the design of many ADIs, as illustrated by the circuits described below.

And Sun

The amount of sunlight and its duration are additional parameters that meteorologists and horticulturists are interested in measuring. The amount is a measure of air and sky conditions; duration is related to the length of the day. Although the mechanics of mounting and filtering tend to be complex, as shown in the following two examples, the electronics can be easily implemented to form a DS2438-based ADI. Figure 3 illustrates a solar

TABLE 1

Wind Vane Position vs. Voltage
(seen on the four DS 2450 inputs)

POS.	D	C	B	A
1	5	2.5	5	5
2	5	3.3	3.3	5
3	5	5	2.5	5
4	5	5	3.3	3.3
5	5	5	5	2.5
6	0	5	5	2.5
7	0	5	5	5
8	0	0	5	5
9	5	0	5	5
10	5	0	0	5
11	5	5	0	5
12	5	5	0	0
13	5	5	5	0
14	2.5	5	5	0
15	2.5	5	5	5
16	3.3	3.3	5	5

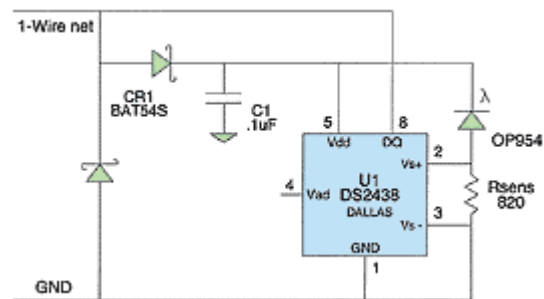


Figure 3. The photodiode in an ADI solar radiance sensor can be provided with optical filters or selected to be sensitive to a particular portion of the spectrum.

radiation sensor using a photodiode; Figure 4 uses a photovoltaic cell. In each case, a dual-diode

BAT54S protects the circuitry from signals that go below ground, and with C1, provides a local source of power.

In Figure 3, a sense resistor is connected in series with a photodiode and between the two “current” ADC pins. Light striking the photodiode generates photocurrents that in turn develop a voltage drop across the sense resistor that is read by the ADC. In commercial units, optical filters are typically added to match the wavelength and bandpass to the human eye response (the CIE or photopic curve). More sophisticated units add other desirable features such as a translucent hemisphere that collects light to enable the sensor to view the sky from horizon to horizon. In this case, the sensor actually focuses on the inside of the hemisphere to obtain its reading.

An interesting variation of a solar radiation sensor can be constructed using a standard LED in reverse bias mode. An LED is selected that generates acceptable photocurrent levels when exposed to the sun at high noon on a clear day. The resistor is sized to develop 250 mV maximum using the formula:

$$R_{\text{sens}} = E/I$$

where:

$$E = 0.25 \text{ V}$$

I = maximum photocurrent generated

One example is the EFA5364X from Stanley (Irvine, CA). This is a super-bright orange AlGaInP LED with a peak response at 609 nm and a narrow (15°) spectral field of view. A 4.7 k Ω sense resistor provides acceptable outdoor performance, which may be increased to 100 k Ω if the circuit is to be used with indoor lighting. LEDs made from other compounds will have their peak response in a different portion of the spectrum, which can prove useful in certain installations.

A solar radiation sensor can also be based on photovoltaic cells, which generate electricity when exposed to light. As shown in Figure 4, a suitable solar cell is connected to the “current” ADC input of the DS2438 through voltage divider R1 and R2. The divider is necessary to limit the typical 0.45 V generated by a single solar cell to the 300 mV absolute maximum allowed across pins 2 and 3 of the DS2438. Resistor values for the divider are chosen such as to avoid unduly loading the cell’s power capacity. One

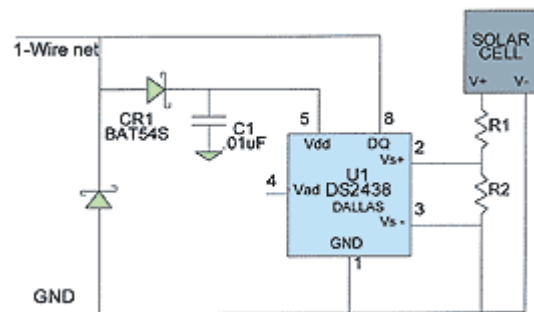


Figure 4. In a photovoltaic cell-based solar radiance sensor, R1 and R2 form a voltage divider to keep the voltage seen by U1 within its maximum range.

advantage of this approach is that several cells can be set to face different sectors of the sky for horizon-to-horizon coverage. The cells are connected in parallel and R2 is sized so that maximum sunlight on the sensor(s) develops no more than 0.3 V across it, as described above. If signal filtering is required in a particular application, it may be done in hardware as recommended in the DS2438 datasheet, or by averaging in software.

And Humidity

Not only is humidity an important factor in many processing and manufacturing operations, but it also directly affects our own comfort and well-being. Too low, and we must deal with static electricity and ESD problems; too high, and mold, condensation, and mugginess affect us. With the proper sensing element, humidity can be easily measured with an ADI over the 1-Wire net. The Honeywell capacitive sensing element specified here develops a linear voltage vs. relative humidity (RH) output that is ratiometric to the supply voltage. That is, when the supply voltage varies, the sensor output voltage follows in direct proportion. This necessitates measuring both the voltage across the sensing element and its output voltage. In addition, calculation of true RH requires knowledge of the temperature at the sensing element. Because it contains all the necessary measurement functions to do the calculations, the DS2438 is an excellent choice for an ADI humidity sensor.

In Figure 5, the analog output of the HIH-3610 humidity-sensing element is converted to digital by the main ADC input of a DS2438. As with other ADIs, a dual-diode BAT54S protects the circuit from signals that go below ground, and, with C1, provides a local source of power. In this case, a value of 0.1 μF for C1 is sufficient to handle the 200 μA operating current required by U2, the

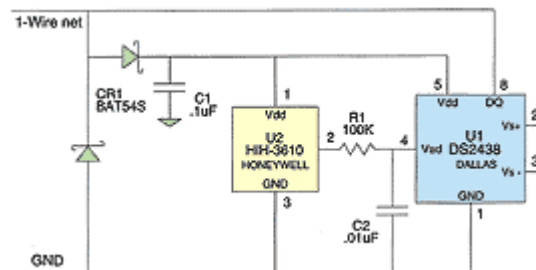


Figure 5. In a humidity sensor based on the DS2438, R1/C2 form a low-pass filter that may be omitted if averaging is done in software.

HIH-3610. The RC network on the output of U2 is a low-pass filter that removes the low-level clock feed-through from the sensing element's signal conditioning circuitry. If averaging is done in software, however, R1 and C2 may be omitted and the sensing element output connected directly to the V_{ad} pin of U1. In operation, the bus master first has U1, the DS2438, report the supply voltage level on its V_{dd} pin, which is also the voltage across U2, the sensing element. Next, the master has U1 read the output voltage of U2 and report local temperature from its onchip sensor. Finally, the master calculates true RH from the three parameters supplied by U1. Since the bus master identifies each ADI by its unique serial number, many humidity sensors can be placed on the line. This is particularly convenient in applications such as greenhouses where it is desirable to know the humidity at multiple locations within the enclosure.

And Barometric Pressure

Atmospheric, or barometric, pressure is a valuable indicator of imminent weather change when a front moves past the instrument. This meteorological parameter can also be measured over a 1-Wire net using an ADI. Selecting a pressure sensor that contains comprehensive onchip signal conditioning makes the circuit in Figure 6 very straightforward. As was the case with the humidity sensing element, the suggested

pressure sensing element is ratiometric, which requires that both the output voltage representing atmospheric pressure and the supply voltage across the element be known in order to accurately calculate barometric pressure.

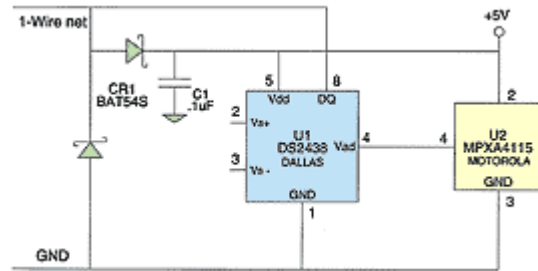


Figure 6. A barometric pressure sensing element requires special power management circuitry (not shown), or an external source of power must be provided.

As is typical for an ADI, a dual-diode BAT54S protects the circuitry from signals that go below ground, and, with C1, provides a local source of power. In this case, because U2, the MPXA4115 pressure sensor, may require as much as 10 mA at 5 V, special power management circuitry (not shown) is required, or else an external power source is needed. Notice that the external power is also connected to the power pin of the DS2438, allowing the circuit to measure the supply voltage applied to the pressure-sensing element. In many installations, supplying external power is not a problem because the barometer will be mounted inside near the bus master and a power source. Flexible tubing can then be routed to sample the outside air pressure and avoid unwanted pressure changes (noise) caused by the opening and closing of doors and windows or elevators moving inside the building.

Summary

The introduction of 1-Wire ADIs makes it possible to measure a variety of environmental parameters, convert the signals locally, and transmit the digital data over a common communications link. Multiple ADIs measuring the same or different variables can be placed on the same twisted pair that also supplies power for the sensors. For example, wind speed and rainfall may be measured by an ADI counter; wind direction by a ADI DS2450 ADC; and humidity, barometric pressure, and solar radiation by DS2438-based ADIs. Each ADI can also measure two variables such as humidity and solar radiation. The ability to mount a variety of instruments on a single cable reduces installation and maintenance costs. Each sensor has a unique ID address by which the master keeps track of it and the environmental parameter it is measuring. Sensor-specific or calibration information may be stored in the ADI's memory, or, eventually, by downloading from the Web using the sensing element's ID address as a URL extension.

1-Wire is a registered trademark of Dallas Semiconductor.

Bijlage 13

Overview

What is IBECS?

IBECS (Integrated Building Environmental Communications System) is an integrated building equipment communications network being developed by LBNL. This system will effectively control lighting and other electrical systems in a building, resulting in increased energy efficiency, improved building performance and enhanced occupant comfort, satisfaction, and performance. IBECS will provide facilities managers with the networking infrastructure and Internet-based tools to manage building electrical loads with confidence, while allowing occupants supervised control of local lighting.

Why do we need it?

Even though lighting controls available today have demonstrated significant electrical energy savings in commercial buildings, the success rate has not been the same for different types of control products. [Previous studies](#) demonstrated that occupancy sensors from different manufacturers achieved significant and persistent energy savings at [well-monitored building sites](#). But more advanced control strategies—such as daylighting or load shedding, which require a systems-oriented approach—were less successful. The U.S. lighting controls market is largely comprised of manufacturers of components (ballasts, switches and controls) rather than systems. Lighting controls components often do not work well together when specified as systems, especially in dimming applications. Thus, lighting control equipment for implementing more complex strategies such as daylighting has proven difficult to commission in the field, leading to poor operation and user complaints. Failure to involve the occupants in the commissioning process is also thought to result in low occupant acceptance of more advanced lighting control strategies. Similar difficulties have dogged successful implementation of advanced shading systems for controlling solar heat gain through building windows.

Lighting control and envelope systems are produced by different manufacturers and are generally unable to communicate with one another. This results in systems that do not work well together and cannot be properly commissioned or optimized to provide significant energy savings and improved occupant comfort. Despite the promise of [BACnet](#), building EMS systems cannot easily exchange data with lighting and envelope systems and properly communicate with these loads.

An ideal lighting control system would be able to respond automatically to changes in occupancy, daylight levels, and energy costs, while at the same time giving occupants more control over their personal lighting environment. This is best accomplished by being able to control or communicate with individual light fixtures. Historically, individual fixture control has not been cost-effective, but recent developments in [networking technology](#) now make such fine level lighting of control economical.

How does it work?

IBECS is a practical networking system that takes advantage of a building's existing IT infrastructure to control lighting components and other building equipment through the Internet. To enable this new networking concept, IBECS applies recent developments in hardware and software known as 'embedded device networks'. New manufacturing techniques can produce semiconductor devices that incorporate a microprocessor, unique IP address, controller, and simple LAN communications, at a very low cost per control point. These devices can be "embedded" into electronic components such as lighting ballasts, allowing these components to communicate digitally over a simple network.

The IBECS project applies a general-purpose embedded device network from [Dallas Semiconductor](#) to building lighting equipment control. In the [1-Wire system](#), embedded devices are connected to the 1-Wire™ network (also called the microLAN) and an Internet-connected master controller. The master initiates all communications between embedded devices using the 1-Wire protocol and can transmit and receive information from an authorized PC or server.



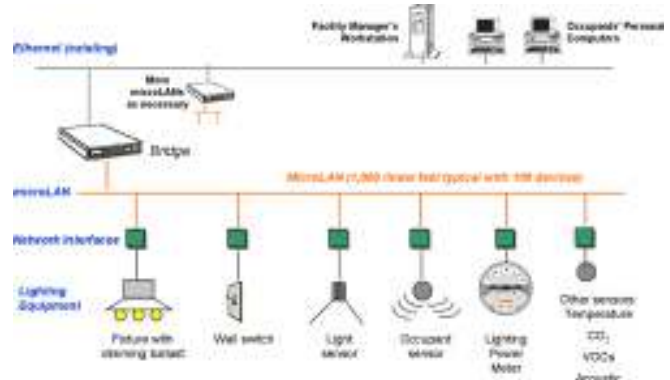
In the IBECS project, LBNL has adapted the general-purpose embedded device network technology from Dallas Semiconductor to the problem of lighting equipment control. LBNL has taken the first major steps towards realizing this advanced networking concept by designing prototype '[network interfaces](#)' tailored to control commercially-available dimmable lighting ballasts as well as light switches and sensors. In the IBECS system, each fluorescent ballast and switch to be controlled as well as each occupancy sensor and light sensor is equipped with an appropriate network interface and connected to the microLAN. The interfaces contain 1-Wire devices appropriate to the functionality of the connected ballast or sensor. The master controller (or bridge) controls the communications between all devices attached to the microLAN using the 1-Wire protocol -- an open standard serial communications protocol available from Dallas Semiconductor. The bridge can control over 100 devices and attaches to the Internet, thus providing TCP/IP network connectivity to the microLAN.

It is assumed that IBECS will be installed in a building that already has a TCP/IP network for the facility's computer LAN (local area network). IBECS piggybacks onto the enterprise's IT network, using bridges to connect the facility's computer LAN to smaller sub-networks, or microLANs. Each microLAN is a minimalist digital network (low speed, minimal number of conductors) that physically interconnects all the lighting and other loads within one physical zone. The MicroLAN bridge controls and monitors lighting equipment attached to each microLAN, and transfers collected control and status information over the existing TCP/IP network to client browsers or databases. The bridge controls multiple equipment loads on one side and accepts and transmits data back to the TCP/IP side. This architecture allows control of many small sub-networks that are directly connected to the load interfaces that they control.

A diagram of the IBECS concept is shown below.

System Diagram

Figure: IBECS network architecture configured to operate commercially-available 0-10 Volt dimming ballasts and light switches, and to read connected light and occupant sensors and lighting demand meters. Soon, lighting equipment manufacturers will build network interfaces directly into their products and IBECS-ready ballasts, switches and sensors will incorporate a network jack (similar to Ethernet).



Why is it better than today's controls?

IBECS has several key features that provide significant advantages over the types of controls available today. Some examples are as follows

Key features of the IBECS technology

Feature	Significance
Adds intelligence to ballasts, switches and sensors.	Allows control systems to better serve their main purpose – efficiently managing lighting usage while improving occupant comfort and satisfaction.
Ability to couple control of lighting with real-time monitoring of electric lighting power.	Enables demand-responsive control, so that lighting loads can be reduced during peak demand periods.
Common bus architecture allows sensors to serve more than one function.	Permits data from sensors and meters to be used by any program or system that needs it.
All devices are physically connected to a simple data bus.	Greatly simplifies installation.
All devices speak a common protocol regardless of their functionality.	Greatly simplifies software development.
Adds network connectivity to lighting and other equipment.	Gives both facilities managers and occupants supervised control over building lighting systems.

Bijlage 14

Modbus FAQ: About Modbus-IDA

Who is Modbus-IDA?

Modbus-IDA is an independent, member-based, non-profit organization (operating as a business league under US tax code 501 (c) 6). It is a group of independent users and suppliers of automation devices that seeks to drive the adoption of the Modbus communication protocol suite and the evolution to address architectures for distributed automation systems across multiple market segments. Modbus-IDA provides the infrastructure to obtain and share information about the protocols, their application and device certification to simplify implementation by users. Modbus-IDA and its members companies will drive the evolution of the Modbus TCP/IP protocol.

What is the relationship between Modbus, Modbus-IDA and Schneider Electric?

Modicon, today Schneider Electric, introduced the Modbus protocol to the market in 1979. Schneider Automation supported and maintained the Modbus site in the past. Understanding the important role it has to play in the market, Schneider Electric assisted in the development of an independent developer and user community organization: Modbus-IDA.

Can I join Modbus-IDA?

Individuals and institutions are encouraged to join Modbus-IDA. The application outlines the categories of membership and their corresponding benefits and responsibilities. Please contact us if you have questions.

Are there any particular industries that can benefit from using the Modbus protocol?

Modbus is not industry specific and is used across a wide range of industries. The common denominator is the messaging structure that all devices support. In response to customer demand, the semiconductor industry has implemented a Network Communication Standard and an Object Messaging Protocol using Modbus TCP/IP. This allows SEMI Sensor Bus compatible sensors to communicate with each other using Modbus TCP/IP.

Modbus FAQ: About the Protocol

What is Modbus ® protocol?

Modbus Protocol is a messaging structure developed by Modicon in 1979. It is used to establish master-slave/client-server communication between intelligent devices. It is a de facto standard, truly open and the most widely used network protocol in the industrial manufacturing environment. It has been implemented by hundreds of vendors on thousands of different devices to transfer discrete/analog I/O and register data between control devices. It's a lingua franca or common denominator between different manufacturers. One report called it the "de facto standard in multi-vendor integration". Industry analysts have reported over 7 million Modbus nodes in North America and Europe alone.

Where Modbus ® is used?

Modbus is used in multiple master-slave applications to monitor and program devices; to communicate between intelligent devices and sensors and instruments; to monitor field devices using PCs and HMIs. Modbus is also an ideal protocol for RTU applications where wireless communication is required. For this reason, it is used in innumerable gas and oil and substation applications. But Modbus is not only an industrial protocol. Building, infrastructure, transportation and energy applications also make use of its benefits.

What is Modbus TCP/IP protocol?

TCP/IP is the common transport protocol of the Internet and is actually a set of layered protocols, providing a reliable data transport mechanism between machines. Ethernet has become the de facto standard of corporate enterprise systems, so it comes as no surprise that it has also become the de facto standard for factory networking. Ethernet is not a new technology. It has matured to the point that the cost of implementing this network solution has been dropping to where its cost is commensurate with those of today's field-buses.

Using Ethernet TCP/IP in the factory allows true integration with the corporate intranet and MES systems that support the factory. To move Modbus into the 21st century, an open Modbus TCP/IP specification was developed in 1999. The protocol specification and implementation guide are available for download (www.modbus-ida.org/specs).

Combining a versatile, scalable, and ubiquitous physical network (Ethernet) with a universal networking standard (TCP/IP) and a vendor-neutral data representation, Modbus gives a truly open, accessible network for exchange of process data. It is simple to implement for any device that supports TCP/IP sockets.

Where is Modbus TCP/IP used?

Modbus TCP/IP has become ubiquitous because of its openness, simplicity, low-cost development, and minimum hardware required to support it. There are several hundred Modbus TCP/IP devices available in the market - more being developed each year. It is used to exchange information between devices, monitor, and program them. It is also used to manage distributed I/Os, being the preferred protocol by the manufacturers of this type of devices.

Why should I use Modbus TCP/IP?

When it comes to choosing a network for your device, Modbus TCP/IP offers several significant advantages:

Simplicity: Modbus TCP/IP simply takes the Modbus instruction set and wraps TCP/IP around it. If you already have a Modbus driver and you understand Ethernet and TCP/IP sockets, you can have a driver up and running and talking to a PC in a few hours. Development costs are exceptionally low. Minimum hardware is required, and development is easy under any operating system.

Standard Ethernet: There are no exotic chipsets required and you can use standard PC Ethernet cards to talk to your newly implemented device. As the cost of Ethernet falls, you benefit from the price reduction of the hardware, and as the performance improves from 10 to 100 Mb and soon to 1 Gb, your technology moves with it, protecting your investment. You are no longer tied to one vendor for support, but benefit from the thousands of developers out there who are making Ethernet and the Internet the networking tools of the future. This effort has been complemented opportunely with the assignment of the well-known Ethernet port 502 for the Modbus TCP/IP protocol.

Open: The Modbus protocol was transferred from Schneider Electric to Modbus-IDA in April 2004, signaling a commitment to openness. **The specification is available free of charge for download, and there are no subsequent licensing fees** required for using Modbus or Modbus TCP/IP protocols. Additional sample code, implementation examples, and diagnostics are available on the Modbus TCP toolkit, a free benefit to Modbus-IDA members and available for purchase by nonmembers.

Availability of many devices: Interoperability among different vendors' devices and compatibility with a large installed base of Modbus-compatible devices makes Modbus an excellent choice.

How do I implement a Modbus TCP/IP device?

To implement a Modbus ® TCP/IP device, download the Modbus TCP/IP Protocol specification and the Modbus TCP/IP implementation guide from the website. You also need to understand the basics of implementing a TCP driver. To test your driver, you will need a minimum of two devices: a slave and a master to exchange information. This could be two PCs talking to each other using standard Ethernet cards, or a PC talking to a sensor or device with an embedded microcomputer.

Can I use Modbus TCP/IP over the Internet?

Modbus TCP/IP is an Internet protocol. The fact that TCP/IP is the transport protocol of the Internet automatically means that Modbus TCP/IP can be used over the Internet. It was designed to reach this goal. In practical terms, this means that a Modbus TCP/IP device installed in Europe can be addressed over the Internet from anywhere in the world. The implications for an equipment vendor or an end-user are endless. Performing maintenance and repair on remote devices using a PC and browser reduces support costs and improves customer service. Logging onto a plant's control system from home allows the maintenance engineer to maximize his plant's

uptime and reduces time in the field. Managing geographically distributed systems becomes easy using commercially available internet/intranet technologies.

Can existing Modbus devices communicate over Modbus TCP/IP?

Since Modbus TCP/IP is simply Modbus protocol with a TCP wrapper, it is very simple for existing Modbus devices to communicate over Modbus TCP/IP. A gateway device is required to convert from the current physical layer (RS232, RS485 or others) to Ethernet and to convert Modbus protocol to Modbus TCP/IP. Such a gateway device could be implemented using a PC. Commercial products to do this are available from several different manufactures. The Modbus-IDA device database can help you identify gateways and other Modbus devices.

What sort of performance can I expect from a Modbus TCP/IP system?

The performance depends on the network and the hardware. If you are running Modbus TCP/IP over the Internet, you won't get better than typical Internet response times. However, when communicating for debug and maintenance purposes, this may be perfectly adequate and save you from having to catch a plane or go to site on a Sunday morning!

For a high-performance intranet with high-speed Ethernet switches guaranteeing performance, the situation is completely different. In theory Modbus TCP/IP carries data at up to $250/(250+70+70)$ or about 60 percent efficiency when transferring registers in bulk. Since 10BaseT Ethernet carries about 1.25 Mbps raw, the theoretical throughput is $1.25M/2 * 60\% = 360000$ registers per second and the 100BaseT speed is 10 times greater.

This assumes that you are using devices that can service Ethernet as fast as the available bandwidth. Practical tests carried out by Schneider Electric using a MOMENTUM™ Ethernet PLC with Ethernet I/O demonstrated that up to 4000 I/O bases could be scanned per second, each I/O base having up to 16 12-bit analog I/O or 32 discrete I/O. Four bases could be updated in one millisecond. While this is below the theoretical limit calculated above, remember that the tested device was running with only a 80186 CPU running at 50 MHz with an effective computing power of 3 MIPS (compared to the 700 MIPS of a 500 MHz Pentium). Nevertheless, these results are faster than the proprietary I/O scan methods used to date. As low-end CPUs get less expensive, Momentum-type devices will chase the theoretical limit, although they'll never reach it because the limit will continue to be pushed further away with 1 Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, etc. Contrast this with other field-buses, which are inherently stuck at one speed.

How do I get support for Modbus and Modbus TCP/IP?

If you have purchased a product that supports any kind of Modbus protocol, you should contact the vendor of that product for support. If you have a general question concerning the Modbus protocol, use the Modbus-IDA discussion forums to obtain an answer. Modbus-IDA does not yet offer technical support.

Bijlage 15

RS232 specifications, introduction

Communication as defined in the **RS232** standard is an asynchronous serial communication method. The word *serial* means, that the information is sent one bit at a time. *Asynchronous* tells us that the information is not sent in predefined time slots. Data transfer can start at any given time and it is the task of the receiver to detect when a message starts and ends. Asynchronous communication has some advantages and disadvantages which are both discussed in the next paragraph.

RS232 bit streams

The **RS232** standard describes a communication method where information is sent bit by bit on a physical channel. The information must be broken up in data words. The length of a data word is variable. On **PC's** a length between **5** and **8** bits can be selected. This length is the netto information length of each word. For proper transfer additional bits are added for synchronisation and error checking purposes. It is important, that the transmitter and receiver use the same number of bits. Otherwise, the data word may be misinterpreted, or not recognized at all. With *synchronous communication*, a clock or trigger signal must be present which indicates the beginning of each transfer. The absence of a clock signal makes an asynchronous communication channel cheaper to operate. Less lines are necessary in the cable. A disadvantage is, that the receiver can start at the wrong moment receiving the information. Resynchronization is then needed which costs time. All data received in the resynchronization period is lost. Another disadvantage is that extra bits are needed in the data stream to indicate the start and end of useful information. These extra bits take up bandwidth.

Data bits are sent with a predefined frequency, the *baud rate*. Both the transmitter and receiver must be programmed to use the same bit frequency. After the first bit is received, the receiver calculates at which moments the other data bits will be received. It will check the line voltage levels at those moments.

With **RS232**, the line voltage level can have two states. The on state is also known as *mark*, the off state as *space*. No other line states are possible. When the line is idle, it is kept in the mark state.

Start bit

RS232 defines an asynchronous type of communication. This means, that sending of a data word can start on each moment. If starting at each moment is possible, this can pose some problems for the receiver to know which is the first bit to receive. To overcome this problem, each data word is started with an attention bit. This attention bit, also known as the *start bit*, is always identified by the space line level. Because the line is in mark state when idle, the start bit is easily recognized by the receiver.

Data bits

Directly following the start bit, the *data bits* are sent. A bit value **1** causes the line to go in mark state, the bit value **0** is represented by a space. The least significant bit is always the first bit sent.

Parity bit

For error detecting purposes, it is possible to add an extra bit to the data word automatically. The transmitter calculates the value of the bit depending on the information sent. The receiver performs the same calculation and checks if the actual *parity bit* value corresponds to the calculated value. This is further discussed in [another paragraph](#).

Stop bits

Suppose that the receiver has missed the start bit because of noise on the transmission line. It started on the first following data bit with a space value. This causes garbled data to reach the receiver. A mechanism must be present to resynchronize the communication. To do this, framing is introduced. Framing means, that all the data bits and parity bit are contained in a frame of start and stop bits. The period of time lying between the start and stop bits is a constant defined by the baud rate and number of data and parity bits. The start bit has always space value, the stop bit

always mark value. If the receiver detects a value other than mark when the stop bit should be present on the line, it knows that there is a synchronization failure. This causes a framing error condition in the receiving **UART**. The device then tries to resynchronize on new incoming bits. For resynchronizing, the receiver scans the incoming data for valid start and stop bit pairs. This works, as long as there is enough variation in the bit patterns of the data words. If data value zero is sent repeatedly, resynchronization is not possible for example.

The stop bit identifying the end of a data frame can have different lengths. Actually, it is not a real bit but a minimum period of time the line must be idle (mark state) at the end of each word. On **PC's** this period can have three lengths: the time equal to **1**, **1.5** or **2** bits. **1.5** bits is only used with data words of **5** bits length and **2** only for longer words. A stop bit length of **1** bit is possible for all data word sizes.

RS232 physical properties

The **RS232** standard describes a communication method capable of communicating in different environments. This has had its impact on the maximum allowable voltages etc. on the pins. In the original definition, the technical possibilities of that time were taken into account. The maximum baud rate defined for example is **20 kbps**. With current devices like the **16550A UART**, maximum speeds of **1.5 Mbps** are allowed.

Voltages

The signal level of the **RS232** pins can have two states. A high bit, or mark state is identified by a *negative* voltage and a low bit or space state uses a *positive* value. This might be a bit confusing, because in normal circumstances, high logical values are defined by high voltages also. The voltage limits are shown below.

RS232 voltage values

Level	Transmitter capable (V)	Receiver capable (V)
Space state (0)	+5 ... +15	+3 ... +25
Mark state (1)	-5 ... -15	-3 ... -25
Undefined	-	-3 ... +3

More information about the voltage levels of **RS232** and other serial interfaces can be found in the [interface comparison table](#).

The maximum voltage swing the computer can generate on its port can have influence on the maximum cable length and communication speed that is allowed. Also, if the voltage difference is small, data distortion will occur sooner. For example, my Toshiba laptop mark's voltage is **-9.3 V**, compared to **-11.5 V** on my desktop computer. The laptop has difficulties to communicate with Mitsubishi PLC's in industrial environments with high noise levels where the desktop computer has no data errors at all using the same cable. Thus, even far beyond the minimum voltage levels, **2** volts extra can make a huge difference in communication quality.

Despite the high voltages present, it is not possible to destroy the serial port by short circuiting. Only applying external voltages with high currents may eventually burn out the driver chips. Still then, the **UART** won't be damaged in most cases.

Maximum cable lengths

Cable length is one of the most discussed items in **RS232** world. The standard has a clear answer, the maximum cable length is **50** feet, or the cable length equal to a capacitance of **2500 pF**. The latter rule is often forgotten. This means that using a cable with low capacitance allows you to span longer distances without going beyond the limitations of the standard. If for example **UTP CAT-5** cable is used with a typical capacitance of **17 pF/ft**, the maximum allowed cable length is **147** feet.

The cable length mentioned in the standard allows maximum communication speed to occur. If speed is reduced by a factor **2** or **4**, the maximum length increases dramatically. Texas Instruments has done some practical experiments years ago at different baud rates to test the maximum allowed cable lengths. Keep in mind, that the **RS232** standard was originally developed for **20 kbps**. By halving the maximum communication speed, the allowed cable length increases a factor ten!

RS232 cable length according to Texas Instruments

Baud rate	Maximum cable length (ft)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

Error detection

One way of detecting errors is already discussed. It is the frame detection mechanism which is used to test if the incoming bits were properly surrounded by a start and stop bit pair. For further error checking, a *parity bit* can be used. The use of this bit is however not mandatory. If the existence of wrong bits is rare (when communicating with an internal modem for example) or if a higher level protocol is used for error detection and correction (**Z-modem**, **RAS**, etc) communication speed can be increased by not using the parity feature present on the **UART**.

Parity is a simple way to encode a data word to have a mechanism to detect an error in the information. The method used with serial communications adds one bit to each data word. The value of this bit depends on the value of the data word. It is necessary that both the transmitter and receiver use the same algorithm to calculate the value of the parity bit. Otherwise, the receiver may detect errors which are not present.

Even parity

Basically, the parity bit can be calculated in two ways. When even parity is used, the number of information bits sent will always contain an even number of logical **1**'s. If the number of high data bits is odd, a high value parity bit is added, otherwise a low bit will be used.

Odd parity

The odd parity system is quite similar to the even parity system, but in this situation, the number of high bits will always be odd.

Disadvantages of the parity system

The parity system using one bit for each data word is not capable of finding all errors. Only errors which cause an odd number of bits to flip will be detected. The second problem is, that there is no way to know which bit is false. If necessary, a higher level protocol is necessary to inform the sender that this information must be resent. Therefore, on noisy lines, often other detection systems are used to assure that the sent information is received correctly. These systems mostly do not operate on single data words, but on groups of words. Known coding systems are:

Hamming coding

[CRC16 cyclic redundancy check](#)

[CCITT-16 cyclic redundancy check](#)

[CRC-DNP cyclic redundancy check](#)

[CRC32 cyclic redundancy check](#)

Introduction to RS485

[RS232](#), [RS422](#), [RS423](#) and **RS485** are serial communication methods for computers and devices. **RS232** is without doubt the best known interface, because this serial interface is implemented on almost all computers available today. But some of the other interfaces are certainly interesting because they can be used in situations where **RS232** is not appropriate. We will concentrate on the **RS485** interface here.

RS232 is an interface to connect one **DTE**, *data terminal equipment* to one **DCE**, *data communication equipment* at a maximum speed of 20 kbps with a maximum cable length of 50 feet. This was sufficient in the old days where almost all computer equipment were connected using modems, but soon after people started to look for interfaces capable of one or more of the following:

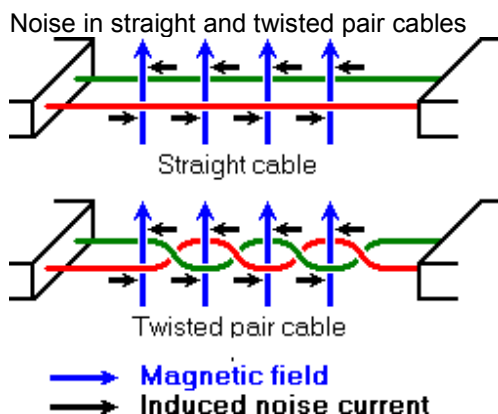
- Connect DTE's directly without the need of modems
- Connect several DTE's in a network structure
- Ability to communicate over longer distances
- Ability to communicate at faster communication rates

RS485 is the most versatile communication standard in the standard series defined by the EIA, as it performs well on all four points. That is why **RS485** is currently a widely used communication interface in data acquisition and control applications where multiple nodes communicate with each other.

Differential signals with RS485:

Longer distances and higher bit rates

One of the main problems with **RS232** is the lack of immunity for noise on the signal lines. The transmitter and receiver compare the voltages of the data- and handshake lines with one common zero line. Shifts in the ground level can have disastrous effects. Therefore the trigger level of the **RS232** interface is set relatively high at ± 3 Volt. Noise is easily picked up and limits both the maximum distance and communication speed. With **RS485** on the contrary there is no such thing as a common zero as a signal reference. Several volts difference in the ground level of the **RS485** transmitter and receiver does not cause any problems. The **RS485** signals are floating and each signal is transmitted over a **Sig+** line and a **Sig-** line. The **RS485** receiver compares the *voltage difference* between both lines, instead of the *absolute voltage level* on a signal line. This works well and prevents the existence of ground loops, a common source of communication problems. The best results are achieved if the **Sig+** and **Sig-** lines are twisted. The image below explains why.



In the picture above, noise is generated by magnetic fields from the environment. The picture shows the magnetic field lines and the noise current in the **RS485** data lines that is the result of that magnetic field. In the straight cable, all noise current is flowing in the same direction,

practically generating a looping current just like in an ordinary transformer. When the cable is twisted, we see that in some parts of the signal lines the direction of the noise current is the opposite from the current in other parts of the cable. Because of this, the resulting noise current is many factors lower than with an ordinary straight cable. Shielding—which is a common method to prevent noise in **RS232** lines—tries to keep hostile magnetic fields away from the signal lines.

Twisted pairs in **RS485** communication however adds immunity which is a much better way to fight noise. The magnetic fields are allowed to pass, but do no harm. If high noise immunity is needed, often a combination of twisting and shielding is used as for example in **STP**, *shielded twisted pair* and **FTP**, *foiled twisted pair* networking cables. Differential signals and twisting allows **RS485** to communicate over much longer communication distances than achievable with **RS232**.

With **RS485** communication distances of 1200 m are possible. Differential signal lines also allow higher bit rates than possible with non-differential connections. Therefore **RS485** can overcome the practical communication speed limit of **RS232**. Currently **RS485** drivers are produced that can achieve a bit rate of 35 mbps.

Characteristics of RS485 compared to RS232, RS422 and RS423

Characteristics of RS232, RS422, RS423 and RS485

	RS232	RS423	RS422	RS485
Differential	no	no	yes	yes
Max number of drivers	1	1	1	32
Max number of receivers	1	10	10	32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multidrop	multipoint
Max distance (acc. standard)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	100 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	(1 kbs)	1 kbs	100 kbs	100 kbs
Max slew rate	30 V/μs	adjustable	n/a	n/a
Receiver input resistance	3..7 kΩ	□ 4 kΩ	□ 4 kΩ	□ 12 kΩ
Driver load impedance	3..7 kΩ	□ 450 Ω	100 Ω	54 Ω
Receiver input sensitivity	±3 V	±200 mV	±200 mV	±200 mV
Receiver input range	±15 V	±12 V	±10 V	−7..12 V
Max driver output voltage	±25 V	±6 V	±6 V	−7..12 V
Min driver output voltage (with load)	±5 V	±3.6 V	±2.0 V	±1.5 V

What does all the information in this table tell us? First of all we see that the speed of the differential interfaces **RS422** and **RS485** is far superior to the single ended versions **RS232** and **RS423**. We also see that there is a maximum slew rate defined for both **RS232** and **RS423**. This has been done to avoid reflections of signals. The maximum slew rate also limits the maximum communication speed on the line. For both other interfaces—**RS422** and **RS485**—the slew rate is indefinite. To avoid reflections on longer cables it is necessary to use appropriate termination resistors.

We also see that the maximum allowed voltage levels for all interfaces are in the same range, but that the signal level is lower for the faster interfaces. Because of this **RS485** and the others can be used in situations with a severe ground level shift of several volts, where at the same time high bit rates are possible because the transition between logical **0** and logical **1** is only a few hundred millivolts.

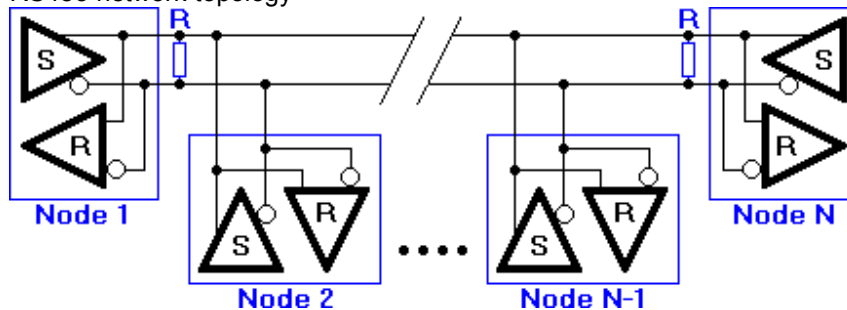
Interesting is, that **RS232** is the only interface capable of full duplex communication. This is, because on the other interfaces the communication channel is shared by multiple receivers and—

in the case of **RS485**—by multiple senders. **RS232** has a separate communication line for transmitting and receiving which—with a well written protocol—allows higher effective data rates at the same bit rate than the other interfaces. The request and acknowledge data needed in most protocols does not consume bandwidth on the primary data channel of **RS232**.

Network topology with RS485

Network topology is probably the reason why **RS485** is now the favorite of the four mentioned interfaces in data acquisition and control applications. **RS485** is the only of the interfaces capable of internetworking multiple transmitters and receivers in the same network. When using the default **RS485** receivers with an input resistance of 12 k Ω it is possible to connect 32 devices to the network. Currently available high-resistance **RS485** inputs allow this number to be expanded to 256. **RS485** repeaters are also available which make it possible to increase the number of nodes to several thousands, spanning multiple kilometers. And that with an interface which does not require intelligent network hardware: the implementation on the software side is not much more difficult than with **RS232**. It is the reason why **RS485** is so popular with computers, PLCs, micro controllers and intelligent sensors in scientific and technical applications.

RS485 network topology



In the picture above, the general network topology of **RS485** is shown. N nodes are connected in a multipoint **RS485** network. For higher speeds and longer lines, the termination resistances are necessary on both ends of the line to eliminate reflections. Use 100 Ω resistors on both ends. The **RS485** network must be designed as one line with multiple drops, not as a star. Although total cable length maybe shorter in a star configuration, adequate termination is not possible anymore and signal quality may degrade significantly.

RS485 functionality

And now the most important question, how does **RS485** function in practice? Default, all the senders on the **RS485** bus are in tri-state with high impedance. In most higher level protocols, one of the nodes is defined as a master which sends queries or commands over the **RS485** bus. All other nodes receive these data. Depending of the information in the sent data, zero or more nodes on the line respond to the master. In this situation, bandwidth can be used for almost 100%. There are other implementations of **RS485** networks where every node can start a data session on its own. This is comparable with the way ethernet networks function. Because there is a chance of data collosion with this implementation, theory tells us that in this case only 37% of the bandwidth will be effectively used. With such an implementation of a **RS485** network it is necessary that there is error detection implemented in the higher level protocol to detect the data corruption and resend the information at a later time.

There is no need for the senders to explicitly turn the **RS485** driver on or off. **RS485** drivers automatically return to their high impedance tri-state within a few microseconds after the data has been sent. Therefore it is not needed to have delays between the data packets on the **RS485** bus.

RS485 is used as the electrical layer for many well known interface standards, including Profibus and [Modbus](#). Therefore **RS485** will be in use for many years in the future.

Bijlage 16

DALI: What's the Buzz About?

By Craig DiLouie, Lighting Controls Association

Published 2002

The Digital Addressable Lighting Interface (DALI) protocol, which has created considerable buzz in the trade media, has been hailed as providing the ultimate in flexibility in control of fluorescent lighting systems. If you are new to DALI, you should know that it is not a product. Instead, it is a standard protocol, already adopted by a number of manufacturers in Europe and Asia, defining how ballasts have to perform. With DALI, dimming -- traditionally restricted to architectural lighting, daylight harvesting and conference rooms -- can be deployed across the facility to achieve high energy savings (30-60% including ballast-lamp efficiency) as well as extraordinary flexibility, user control and maintenance benefits.

In this special report from the Lighting Controls Association, we will review how a digital lighting network is comprised, how it works, its benefits and the growing number of DALI-compatible products that are becoming available from quality manufacturers.

HOW IT WORKS

While a digital network sounds sophisticated, most of the hardware is common -- ballasts, lamps, controls, wiring -- with the difference that the ballasts are networked to a central computer that enables bi-way communication. This means we can tell each ballast what to do, and the ballast can talk back, giving us information about its operation.

A DALI-based digital lighting network is based on digital 120/277V fluorescent electronic ballasts, currently available in one- and two-lamp models that operate linear T5, T5HO and T8 fluorescent lamps as well as compact fluorescent lamps. According to manufacturer Tridonic, digital ballasts and DALI interfaces will soon be available for high-intensity discharge (HID), incandescent and low-voltage halogen systems. Digital ballasts "soft start" fluorescent lamps to maximize service life; cut the lamps out at end of life; gradually dim; and start the lamps at any point in their dimming range, from 100% to 1%.

The ballasts are connected using either Class I line-voltage or Class II low-voltage wiring to form a lighting bus or loop of up to 64 ballasts. The digital protocol allows simplified control wiring that provides greater flexibility than traditional 0-10V analog systems. Each ballast is given an address in the system so that it can be individually controlled or grouped in multiple configurations (up to 16 layers of control/scenes). The loop is then connected to any type of DALI-compatible control device(s). Control options include local wall-mounted controls that enable manual push-button switching to select programmed dimming scenes; a computer for centralized lighting control; local PCs for individual occupant control; and occupancy sensors, photosensors and other controls.

From a central PC, the lighting manager can individually address each ballast in a building or gang them in groups, then program each ballast or group to dim from 100% to 1% either on a scheduled basis or in reaction to preset conditions, such as available daylight. The lighting components also talk back, providing information that can be used to identify lamp and ballast failure and generate general energy consumption information. The result is high energy savings and extreme flexibility in controlling light levels.

APPLICATION

As a digital lighting network is relatively sophisticated to set up and commission, it is generally suited for large installations and, as in the case of an energy management system, requires planning and time to program various instructions into the computer. Its capabilities are ideally suited for small and open offices where users can control their own lighting; conference rooms and classrooms that require different lighting scenes for multiple types of use; supermarkets and certain retail spaces where merchandising and layout changes frequently; hotel lobbies and meeting spaces to accommodate times of day, events and functions; and restaurants to match the lighting to time of day (breakfast to lunch to dinner).

BENEFITS

The most significant benefits of a digital lighting network are its high energy savings, flexibility and maintenance potential.

Energy Savings: The lighting network enables each individual digital ballast to be controlled by a system that includes a static element (programmed dimming or on/off based on time of day) and a kinetic element (switching or dimming in response to sensed occupancy or ambient light level). By taking advantage of the inherent efficiency of digital electronic ballasts working in tandem with various efficient light sources and dimming and switching strategies (occupancy sensors, scheduled on/off switching, daylight harvesting, lumen maintenance dimming), energy consumption can be reduced by 30-60%. Energy savings can be accelerated by establishing dimming setpoints for various loads during peak demand periods to reduce utility demand charges.

Flexibility/Productivity: The digital lighting network provides an open environment in which any combination of ballasts can be grouped and controlled in multiple ways depending on prevailing task needs, occupant preferences and changes to primary tasks with the space. The control system can be configured so that individual occupants can dim or increase the light output of the fixtures serving their workspace, enabling occupant-driven fine-tuning of light levels based on tasks, worker age, etc. In addition, when the space is remodeled or if its task needs change, the fixtures do not have to be moved and rewired; instead, in many cases, the owner can simply reconfigure and program the ballasts to provide the optimum lighting conditions.

Maintenance: As noted above, fixtures in a digital lighting network continuously provide energy information to a central computer. This enables monitoring of anomalies across the entire lighting system, which provides alerts that immediate replacement is needed of lamps and ballasts or that troubleshooting may be required. The software indicates what type of component needs to be replaced (lamp or ballast), what type of lamp it is (for example, T5, T5HO, T8) and where the fixture is located (for example, Building 3, 4rd Floor, Office A-12, fixture over desk #3).

Bijlage 17

EM250 Platform Pricing

5-10-2006

Chips and Stack Pricing	
	MSRP
EM250 Quan 1 - 999	\$ 9,00
EM250 Quan 1K - 4,999	\$ 7,00
EM250 Quan 5K - 9,999	\$ 5,00
EM250 Quan 10K - 24,999	\$ 4,85
EM250 Quan 25K - 49,999	\$ 4,75
EM250 Quan 50K - 99,999	\$ 4,65
EM250 Quan 100K - 249,999	\$ 4,45
EM250 Quan 250K - 499,999	\$ 4,25
EM250 Quan 500K - 999,999	\$ 4,00
EM250 Quan 1M +	\$ 3,80

Development Kits	Price
EM250 InSight Developer Edition	\$2.500
EM250 RCM Board (3)	
EM250 Breakout Board (3)	
EM250 InSight Adapter (3)	
Antennas (TBD) (2)	
MC Card to SMA Cable (2)	
InSight Port Cable (3)	
Power Supplies and Battery Pack (3)	
Extended Debug Cable (3)	
8 Port Switch w/ 4 x POE ports (1)	
Cat 5 Ethernet Cable (3)	
EM250 Chips (10)	
InSight Desktop Developer Edition (1 Seat)	
InSight Desktop maintenance (6 mos)	
xIDE Compiler	
EM250 InSight Professional Edition	\$10.000
EM250 RCM Board (8)	
EM250 Breakout Board (8)	
EM250 InSight Adapter (8)	
Antennas (TBD) (2)	
MC Card to SMA Cable (2)	
InSight Port Cable (8)	
Power Supplies and Battery Pack (8)	
Extended Debug Cable (8)	
16 Port Switch w/ 8 x POE ports (1)	
Cat 5 Ethernet Cable (8)	
EM250 Chips (10)	
InSight Desktop Professional Edition (1 Seat)	
InSight Desktop maintenance (1 year)	
EM250 Development Environment Training (1 Seat)	
xIDE Compiler	

Individual Products	Price
EM250 RCM Board	\$105
EM250 Breakout Board	\$50
InSight Adapters	\$750
InSight Desktop Developer Edition (1 Seat)	\$1.000
InSight Desktop Professional Edition (1 Seat)	\$5.000
xIDE Compiler (1 seat)	\$750

Bijlage 18



To view this page online please visit: http://nl.farnell.com/jsp/search2/browse.jsp?N=500029&Ntk=gensearch_001&Ntt=MC9S12H128&Ntx=&_requestid=366791

Er is 1 resultaat

Afbeelding	PF Artikelnr.	Fabrikant ·Naam ·Artikelnr.	Source Merk	Omschrijving	RoHS Compliance	Beschikbaar (Besch.)	Catalogusprijs	Pakgegevens
	8686564	FREESCALE SEMICONDUCTOR MC9S12H128VPVE	Farnell InOne	IC, SM 16BIT FLASH MCU W/ CAN; Timers, No. of:1; Bits, No. of:16; Frequency, clock:16MHz; Memory size, RAM:6000Byte; Memory size:131072; Temp, op. min:-40°C; EEPROM size:4096Byte; Temp, op. max:105°C; I/O lines, No. of:9	 RoHS Yes	Op voorraad	€ 18,63	1