

## Bouwproject UWA

In dit hoofdstuk wordt een ontwerp voorgesteld waarmee de UWB of Ultra Wide Band-techniek kan worden gedemonstreerd. Van dit ontwerp wordt ook een bouwproject voorgesteld waardoor u zelf de techniek in de praktijk kunt toepassen.

Dit ontwerp gebruikt eigenlijk geen 'echte' UWB, omdat er voor het transmissiemedium geen elektromagnetische golven worden gebruikt. Deze schakeling gebruikt als transmissiemedium de atmosfeer in de vorm van geluidsgolven. Het principe is echter wel grotendeels hetzelfde en de opbouw van de schakeling is ook uitermate geschikt om de UWB-technologie te illustreren. De schakeling is zeer bruikbaar voor studenten in het middelbaar en hoger onderwijs en mensen die geïnteresseerd zijn in de UWB-techniek. Bovendien is de schakeling leuk om te bouwen en om ermee te experimenteren.

De term voor de techniek is afgeleid van UWB en doordat analoge (hoorbare) geluidsgolven worden gebruikt, is ze afgekort als UWA: *Ultra Wide Audio*. De schakeling is ontwikkeld door de firma Utellus B.V. Deze in Enschede gevestigde firma heeft zich gespecialiseerd in software voor de toepassingslagen op de UWB fysieke laag en gebruikt deze kit voor kennisvorming rond de werking van UWB. Het UWA-zelfbouwproject dat in dit hoofdstuk wordt gepresenteerd, is ontwikkeld in samenwerking met Utellus.

Elk gebouwde unit is een netwerknode en met 2 nodes kunt u al een paar experimenten doen, zoals afstand bepalen en data transporteren tussen de nodes. Nog leuker wordt het met het gebruiken van 3 of meer nodes. Dan is zelfs positiebepaling en het bouwen van een netwerkstructuur mogelijk. Door de opbouw van de software van de onderste netwerkklagen is het relatief eenvoudig om de bovenste lagen zelf aan te brengen.

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt het doel van de schakeling beschreven en hierin vindt u ook een korte verklaring van de tekenwijze van het schema en het doel en de opbouw van de printkaart of PCB. In de volgende paragraaf wordt de werking van de fysieke laag behandeld. In deze paragraaf vindt u hoofdzakelijk de theoretische uiteenzetting van de werking van de pulstechniek. Deze paragraaf heeft als doel de essentiële kennis op te leveren voor het begrip rond de werking van de vorm van UWB(A). In de paragraaf daarna wordt de basisfunctionaliteit van de schakeling beschreven. Aan bod komen begrippen als correlator, ruis, bin, frame, kanaalvorming en synchronisatie. In de volgende paragrafen wordt de werking van de functionele (hardware)blokken van het ontwerp behandeld. Tot slot wordt de bouw en test van de unit beschreven.

### 8.1 Het doel van de schakeling

Het doel van de schakeling is te dienen als demonstratie-board voor onderzoek in software voor de lagen boven de fysieke laag. Ook stelt het de zelfbouwer of student in staat de benodigde kennis rond de werking van de fysieke laag van UWB beter en sneller te begrijpen. Door de functies in de software is het mogelijk data te transporteren en de afstand te meten tussen de zender en de ontvanger met een hoge resolutie. Het doel van dit hoofdstuk is het inzicht in UWB-techniek te verschaffen, wat weer dient als ondersteuning bij het bouwen van de unit en bij het verklaren van de werking.

#### 8.1.1 Het schema

Het schema is zo leesbaar mogelijk getekend. Er zijn veel manieren om schema's te tekenen, maar ik ben van mening dat een schema niet alleen het doel heeft om daarvan een PCB, Printed Circuit Board of, kortweg, print te maken, maar om daarmee ook de werking van de schakeling te verduidelijken. Het schema is dus ook een visueel hulpmiddel.

De opbouw van het schema is hiërarchisch. Dat wil zeggen, dat het schema bestaat uit lagen die met elkaar een relatie hebben. Op de rootsheet, de bovenste laag van het schema, staan de relevante aansluitklemmen getekend. Alle onderliggende schema's zijn op de rootsheet getekend als blokken. De signalen tussen de blokken zijn zoveel mogelijk in een bus samengenomen. De signalen in de bus hoeven geen relatie tot elkaar te hebben, een bus is gewoon een manier van tekenen.

Voor de voedingsspanning is van globale symbolen gebruik gemaakt. Hierdoor is het niet nodig om de voedingsspanning door middel van een draad aan te sluiten. De verbinding is er wel, het is alleen niet getekend als zodanig. Het symbool vertegenwoordigt het signaal op elk niveau. Op de microcontroller na zijn alle IC's getekend met een losse voedingspoort. Dit is gedaan, omdat logische IC's vaak uit een aantal poorten bestaan en dan is het handig om de poorten als los element in het schema te kunnen plaatsen. Door ook een aparte voedingspoort te maken, kan worden aangegeven welke pennen op welke voedingsspanning aangesloten zijn. Op sheet 2 en 3 zijn in de linker bovenhoek de aansluitingen met de rootsheet nog een keer getekend. Zo is het in een oogopslag duidelijk welke signalen waar vandaan komen en het voorkomt zoekwerk.

#### 8.1.2 De PCB

In deze paragraaf wordt een korte uiteenzetting gegeven over de manier waarop een PCB wordt gemaakt en wat het doel is van de PCB. Het doel is hier niet u te leren hoe u zelf printkaarten kunt maken.

### 8.6.1 Ranging

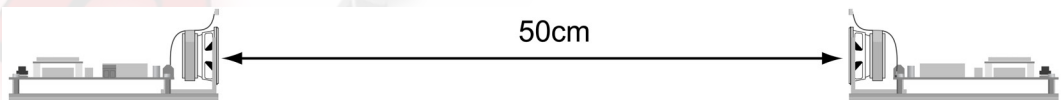


*Figuur 8-36*

*Montage van de luidspreker, de microfoon en de schakeling op een plankje.*

Ranging betekent niets meer dan afstandsmeting. In de basissoftware van de UWA-node is de ranging toepassing opgenomen. Door op de TX-drukknop te drukken zal de node een bericht uitzenden. Als dat door een andere node correct wordt ontvangen, zal deze een vergelijkbaar bericht terugsturen. Door het meesturen van tellerwaarden in het bericht kan de afstand tussen beide nodes worden berekend (zie ook paragraaf 8.3.4).

De eenvoudigste opstelling is een tête-à-tête-opstelling. Monteer de luidspreker op een beugeltje zodat de flens van de luidspreker vertikaal staat. De geluidsgolven worden nu in het horizontale vlak uitgestraald. Monteer de microfoon met een paar korte draadjes ( $\pm 10$  cm) aan P2 en plak de draadjes vast op de magneet van de luidspreker. Hiermee wordt het mogelijk de microfoon wat te richten of wat weg te buigen van de luidspreker. De luidspreker zorgt voor nogal wat diffractie/reflectie van het geluid en dat heeft een nadelig effect op de werking.



*Figuur 8-37*

*Testopstelling.*

## Bouwproject UWA

Door beide units op elkaar te richten, is het mogelijk de proef uit te voeren.

Begin de proef door beide nodes op ongeveer 50 cm van elkaar te plaatsen en start met een minimaal geluidsniveau. Het bericht moet nog net hoorbaar zijn. De gevoeligheid van de microfoon mag wel maximaal zijn. Als u op een node op de TX-drukknop drukt, zal de node het bericht uitzenden. Als de andere node het bericht goed ontvangt, zal de rode LED (D2) gedurende het hele bericht oplichten. Als dat niet zo is, dan kunt u het geluidsvolume van de zendende node iets groter maken met R3.

Als de ontvangende (RX-)node het bericht in goede orde heeft ontvangen, zal deze reageren met het antwoord op het bericht. Ook hierbij is het geluidsvolume van belang. Als de zendende node (nu met de ontvanger ingeschakeld) het tegenbericht in goede orde ontvangen heeft, zal de node de afstand tussen de beide nodes weergeven op het display in mm.

Als u de afstand tussen de nodes vergroot, zult u zien dat de weergegeven waarde op het display ook hoger wordt. Als de afstand groter wordt dan een paar meter, zult u van het integratieniveau gebruik moeten maken om een betrouwbare verbinding te realiseren.

Als de node wordt ingeschakeld, staat het integratieniveau op 2. Dat wil zeggen dat elk frame tweemaal wordt uitgezonden. Hierdoor ontstaat ruisonderdrukking (zie ook paragraaf 8.3.2). Als de afstand tussen de nodes te groot is geworden en er is teveel ruis op de verbinding, dan zal het verhogen van het luidsprekervolume alleen resulteren in meer reflecties en dus meer beïnvloeding. Door in plaats van het luidsprekervolume het integratieniveau te verhogen, is de ontvangende node beter in staat het signaal uit de ruis halen.

Door op het knopje INT. LEVEL te drukken, is het mogelijk het integratieniveau op 4 of 8 in te stellen. De instelling wordt zichtbaar gemaakt in het display. Met elke hogere integratiestap wordt het bericht tweemaal zo lang.

Met de rangings-toepassing is een aantal proeven mogelijk en we zullen nu een paar voorbeelden behandelen.

U kunt bijvoorbeeld de grenzen van het bereik onderzoeken. Binnenshuis worden de beperkingen veroorzaakt door de reflecties van vlakke objecten zoals deuren en muren. Vooral het plafond van de kamer kan flinke reflecties geven. Het is niet verwonderlijk als de maximale afstand gelijk is aan de helft van de breedte van de ruimte. Door reflecties ontstaat er bij de microfoon van de ontvangende node frequentieafhankelijk gedrag en dan is het mogelijk dat delen van het bericht wegvallen. Communicatie tussen de beide nodes is in dat geval niet mogelijk.



**Figuur 8-38**

*Ranging-informatie op het display.*

## Het testen van de werking 8.6

Buiten in het vrije veld zijn grotere afstanden mogelijk en ik heb met succes over een afstand van ruim 12 meter twee nodes met elkaar laten communiceren. In het vrije veld blijkt vooral het *verwaaien* van het geluid de beperkende factor.

Door de waarde van R24 aan te passen is het mogelijk de microfoon gevoeligheid te vergroten. Hiermee kan ook het maximale bereik worden aangepast. Het aanpassen van de weerstand heet alleen zin bij toepassingen in het vrije veld. Binnen heeft een hogere gevoeligheid geen effect of werkt zij zelfs nadelig.

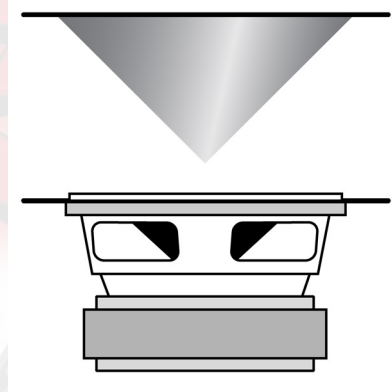
Met het uitvoeren van de rangings-proeven zult u merken dat de nodes heel gevoelig reageren op de stand en richting van de microfoon en de luidspreker. Op de maximale afstand is een kleine afwijking in de stand al voldoende om de communicatie te onderbreken. Zelfs een reflecterend object zoals uw eigen lichaam kan dan voldoende zijn om de verbinding te verstoren of, in een zeldzaam geval, te verbeteren. Deze effecten duiden allemaal op het bereiken van de grenzen van de mogelijkheden.

Er is een manier om de richtingsgevoeligheid van de luidspreker aan te passen naar een rondere bereik. Door de flens van de luidspreker horizontaal te plaatsen zal het meeste geluid recht naar boven worden afgestraald. Door boven de luidspreker een conisch voorwerp te plaatsen, zal het geluid rondom naar alle richtingen in het horizontale vlak worden afgestraald. Het geluid wordt door het conische voorwerp 90 graden afgebogen en verspreid. Hierdoor wordt welliswaar het bereik flink beperkt maar de richtingsgevoeligheid is verdwenen. Dezelfde methode kan ook op de microfoon worden toegepast.

### 8.6.2 De seriële poort

Met deze toepassing is het mogelijk om seriële data via het UWA-kanaal te versturen. Het is niet mogelijk om het te gebruiken als *cable replacement*, maar het is wel mogelijk om een woord te sturen naar de andere node. De ingegeven tekst wordt door de andere node in het display zichtbaar gemaakt.

Een leuk test is om de tekst “Hello World” te versturen. Dat is een veel gebruikte tekst bij het testen van de verbinding.



Figuur 8-39

*Luidspreker met conische spreider.*

## Bouwproject UWA

Voor het testen heb u een PC en een seriële kabel nodig. In dit geval is het een rechte (1:1) verbindingskabel met een male en een female, 9 polige sub-D-connector. Sluit het female deel aan op de COM-poort van uw PC en de male op de poort van de UWA-node.

Start het programma HyperTerminal of een ander terminal emulatieprogramma. Kies de juiste COM-poort, 9600 bits/s, 8 databits, geen pariteit, 1 stopbit en zet de datatransportbesturing op *geen*.

Als u de UWA-node inschakelt en op de Enter-toets van het toetsenbord drukt, dan verschijnt de tekst:

Ultra Wide Audio demo – Utellus (c)

>\_

Als u nu het woord “HELP” intoetst, verschijnt in HyperTerminal een lijst met mogelijkheden.

Met het commando TX gevolgd door de tekst, kunt u de boodschap verzenden.

Toets in “TX HELLO WORLD” en druk op de Enter-toets.

De node zal nu het bericht gaan versturen.



HELLO WORLD 5004

*Figuur 8-40*

*De seriële verbinding werkt.*

Als het bericht goed is aangekomen, zal de ontvangende node de tekst op het display tonen en een bevestiging sturen via het fysieke kanaal.

### 8.6.3 Andere toepassingen

De primaire toepassing van de UWA-node is te dienen als platform voor het leren van de techniek achter Ultra WideBand.

De software in de nodes is opgebouwd volgens het OSI-model en in theorie is het mogelijk de software-oplossing op de hogere lagen voor de UWA-node te *porten* naar dezelfde lagen in een UWB-node. Door de OSI-opbouw is de fysiek laag immers ondergeschikt aan de hogere lagen. Een ontwikkelaar die netwerkfunctionaliteit wil toevoegen, hoeft van de uitvoering van de fysieke laag in theorie geen weet te hebben.

Door de electromagnetische fysieke laag van UWB te vervangen door een akoestische fysieke laag in UWA is er een extra debug-laag voor de ontwikkelaar gecreëerd. De uitgezonden informatie is nu immers hoorbaar. Hierdoor is het veel eenvoudiger en sneller te begrijpen, welke processen er in de nodes plaatsvinden.

## Het testen van de werking 8.6

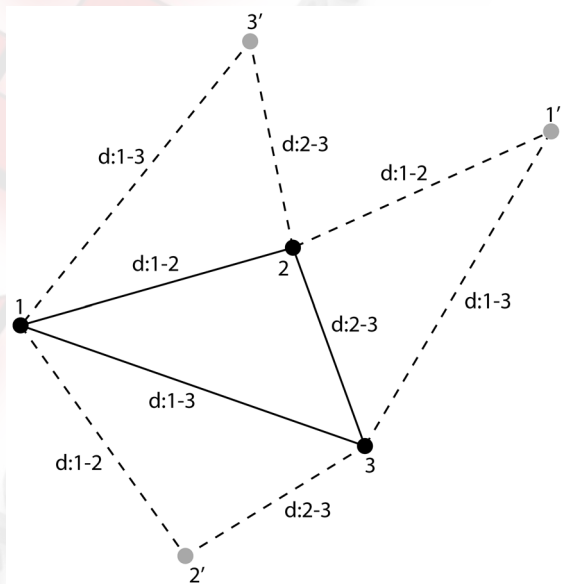
Als u drie of meer nodes gebruikt, kan een echt netwerk worden gevormd. Mogelijk is een netwerk met meer dan twee nodes, maar ook meer netwerken van twee of meer nodes is mogelijk. In dat laatste geval is het mogelijk de onderlinge beïnvloeding tussen de verbindingen te onderzoeken.

De testtoepassing is helaas niet in staat met meer dan twee nodes te werken. De software wel, maar u moet wel de juiste instellingen maken voor de netwerkfunctionaliteit. U zult dan overigens ook over de ontwikkelomgeving voor de microcontroller in de node moeten beschikken.

In een netwerk kunnen met betrekking tot ranging nog veel leukere dingen worden gedaan. Met minstens drie nodes is het mogelijk de onderlinge afstand te bepalen en een 2D-kaart van de nodes te maken.

Een 2D-kaart maken met een beperkt aantal nodes geeft overigens nog een interessant probleem. Met bijvoorbeeld 3 nodes is het eigenlijk niet mogelijk om de kaart op de juiste manier te maken. Als we er vanuit gaan dat in Figuur 8-41 de juiste kaart wordt gevormd door de punten 1, 2 en 3, dan heeft elk punt ook een schaduw of alias, de punten 1', 2' en 3'. De kaart kan dus op 4 manieren worden afgebeeld.

Onoplosbaar is dus de rotatie en het onder-bovenprobleem. Wat er ontbreekt, is een absolute positie en een *point of view* vanwaar we naar het model *kijken*. Alleen door het vormen van een 3D-model en het toevoegen van een referentiepositie kan de kaart juist worden afgebeeld.



**Figuur 8-41**

*2D-kaart, alias probleem.*

Een mogelijke toepassing is te vinden in mini-robots. De huidige mini-robots maken gebruik van allerlei sensoren zoals aanrakingssensoren, druksensoren, ultrasoonsensoren en lichtsensoren. Deze sensoren geven signalen af waarmee de robot zich kan oriënteren. Communicatie tussen de robots onderling vindt veelal plaats via licht of via een hoogfrequente (electromagnetische) verbinding.

## Bouwproject UWA

Door aan de UWA-node wat functionaliteit toe te voegen, kunnen alle externe functies van de robot door een enkele UWA-node worden afgehandeld. Zoals we hiervoor hebben gezien, is onderlinge communicatie voor de UWA-node geen probleem.

Door het toevoegen van een radarfunctie (echolocatie) kan de robot bepalen waar de opstakels of andere robots zijn. Door de resolutie van enkele mm is al vrij snel een beeld te vormen van de ruimte waarin de robot zich bevindt.

Helaas is echolocatie met de hardware van deze schakeling nog niet mogelijk. Hiervoor is de microcontroller te traag. De microcontroller is niet in staat snel te schakelen tussen zenden en ontvangen. Mogelijk kunnen twee nodes worden gekoppeld, waarbij één node alleen kan zenden en de andere node alleen kan ontvangen.

Als u van plan bent om meer met de UWA-nodes te doen of u wilt zelf de software aanpassen aan uw wensen, dan raden wij u aan contact op te nemen met de firma Utellus: [www.utellus.nl](http://www.utellus.nl).

### 8.7 Samenvatting

Dit bouwproject is tot stand gekomen dankzij de samenwerking van een bedrijf dat zich specialiseert in toepassingen met de Ultra Wide Band-techniek. Ultra Wide Band lijkt de inherente oplossing te dragen voor een aantal toepassingen die tot nu toe nog met losse units moeten worden opgelost.

Door het uitzenden van zeer smalle pulsen wordt de hoogfrequente energie over een zeer breed spectrum verdeeld. Op deze wijze kan een zeer veilige en extreem storingsongevoelige verbinding worden opgezet. Door het gebruik van CDMA kunnen in één ruimte meer draadloze netwerken worden gevormd.

De in dit hoofdstuk gepresenteerde schakeling gebruikt in plaats van de elektromagnetische fysieke laag, de akoestische fysieke laag. Deze techniek hebben we UWA of Ultra Wide Audio genoemd. Het voordeel is dat de opbouw van de schakeling veel simpeler is dan een schakeling met een EM fysieke laag. Bovendien is het datatransport hoorbaar en op deze wijze kan het leerproces worden versneld.

De in dit hoofdstuk gepresenteerde schakeling is een bouwproject dat met beschikbare middelen kan worden nagebouwd. Voor zelfbouwers die zich niet aan de print of het plaatsten van de microcontroller willen wagen, is er de mogelijkheid om de print met gemonteerde (en geprogrammeerde) microcontroller te kopen.

Het doel van de schakeling is te dienen als een trainer voor UWA en zij is speciaal ontwikkeld voor de zelfbouwmarkt. De microcontroller kan worden geleverd met geprogrammeerde software en met twee gebouwde schakelingen kan een aantal proeven worden gedaan.

Kijk voor de laatste informatie over dit project op [www.ideetron.nl](http://www.ideetron.nl).