

Digitale radiotelegrafist

Wat gaat door de lucht, haalt onwaarschijnlijke snelheden op de korte afstand en verbruikt bijna niets? Waar het draadloze communicatie betreft is het antwoord simpel: UWB. De ook wel als impulsradio aangeduide techniek lijkt in de modernere multibandversie een gouden toekomst tegemoet te gaan nu de FCC het spectrum in de VS heeft vrijgegeven, het IEEE de normalisatie vergaand op de rit heeft en diverse bedrijvenconsortia werken aan standaarden en integratie in applicaties. Maar niet iedereen is even gelukkig met dat vooruitzicht.

THEO VAN GELDER

Het ziet ernaar uit dat UWB, oftewel ultra-wideband, aan de vooravond van een snelle opmars in de computer- en communicatie-industrie staat. De techniek voor draadloze dataoverdracht heeft in elk geval uitstekende papieren, zoals een lage kostprijs, zeer hoge snelheden en een bijzonder laag energieverbruik. Na een slepende test- en beoordelingsprocedure heeft het Amerikaanse telecomagentschap FCC onlangs het benodigde spectrum definitief vrijgegeven voor commerciële toepassingen. De bandbreedte van 3,1 tot 10,6 GHz kan nu, tot een bepaald vermogensniveau, licentievrij worden gebruikt voor UWB-communicatie. Naar verwachting zal het Etsi in Europa met vergelijkbare regelgeving komen.

De beslissing maakt de weg vrij voor aanbieders van apparatuur en diensten voor het commercieel gebruik van ultrabreedband communicatie. Het grootste obstakel is het gebrek aan standaardisatie maar ook daar wordt

hard aan gewerkt. Twee jaar geleden heeft het IEEE werkgroep 802.15.3a ingesteld die, als het niet tegenzit, dit jaar een afgeronde norm gaat presenteren. Op het niveau van de fysieke laag liggen nu al heel wat details vast, voldoende voor diverse chipmakers om mee aan de slag te kunnen. De eerste IC's zijn dan ook al aangekondigd en ook die zullen dit jaar al beschikbaar komen.

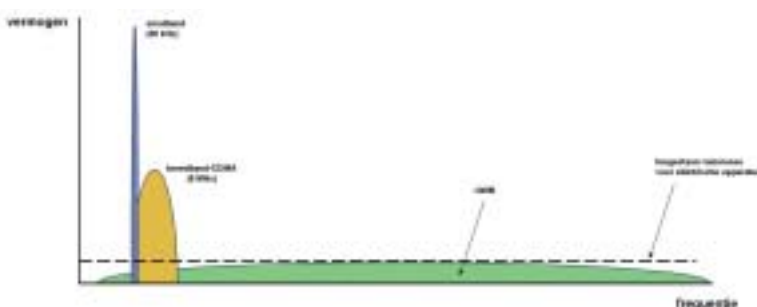
UWB is een vorm van draadloze communicatie over korte tot middellange afstanden, enkele meters tot 1 km, waarbij rechtstreeks enen en nullen worden verzonden. Dat gebeurt in de vorm van heel korte radiofrequente pulsen, in de orde van 10 ps. Deze bevatten zelf geen informatie, vergelijkbaar met de ouderwetse (radio)telegrafie bepaalt het interval tussen twee signalen de waarde van het bit. Ook kan de informatie zijn gecodeerd in amplitude of fase. De pulsen hebben een lage energie-inhoud en zijn gemoduleerd op een bepaalde frequentie maar beslaan door hun korte

duur een breed frequentiespectrum. Hierdoor wordt de techniek ook wel draaggolfvrije, impuls- of basisbandradio genoemd.

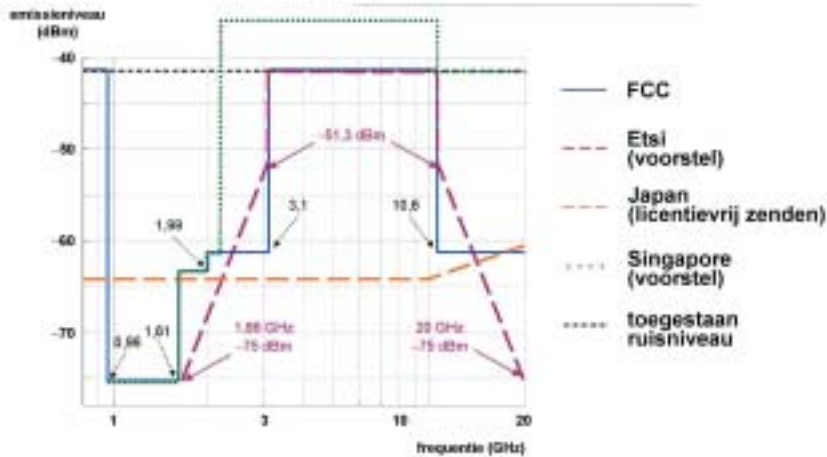
Het weglaten van de modulatie komt het vermogenverbruik zeer ten goede. Een paar milliwatt is al voldoende en op de korte afstand wordt daarmee een bandbreedte van een paar honderd Mbit/s gehaald. Daarbij hebben de signalen weinig of geen last van obstakels, zelfs niet van metaal, en zijn ze immuun voor multipad-interferentie. Ook treedt niet of nauwelijks interferentie op met smalbandige zend/ontvangers. Op hun beurt hebben zij geen last van de pulsen omdat die voor een specifieke frequentie zo'n laag energieniveau hebben dat ze verdrinken in de omgevingsruis (figuur 1). Een ander belangrijk voordeel is de lage kostprijs. Dat er geen draaggolf hoeft te worden gegenereerd en geen demodulatie nodig is, houdt zender en ontvanger simpel en dus goedkoop. Ten slotte biedt UWB inherente beveiliging van de data. De timing tussen de pulsen hangt af van het kanaal en als je niet weet waar je naar moet luisteren, valt er uit de digitale ruis geen zinnige informatie te destilleren.

Overigens is impulsradio verre van nieuw. In feite vallen zelfs de vonken die Hertz rond 1870 genereerde in zijn experimenten voor draadloze signaaloverdracht in die categorie. De eerste gerichte onderzoeken naar het benutten van de mogelijkheden begonnen al in 1940 en in de jaren zestig is de Amerikaanse marine de techniek gaan toepassen voor onder meer radar en niet-detecteerbare communicatie. Tot 1994 viel UWB in de categorie defensiegeheimen, sinds dat jaar mogen de onderzoeksresultaten openbaar worden gemaakt en dat heeft de ontwikkelingen in een stroomversnelling gebracht. Ook de evolutie van IC's heeft sterk bijgedragen. Waren voor de communicatie aanvankelijk zeer grote en dure systemen nodig, dankzij het digitale tijdperk en de schaalverkleining is het bouwen van zenders en ontvangers nu juist simpeler en goedkoper dan andere circuits voor draadloze overdracht.

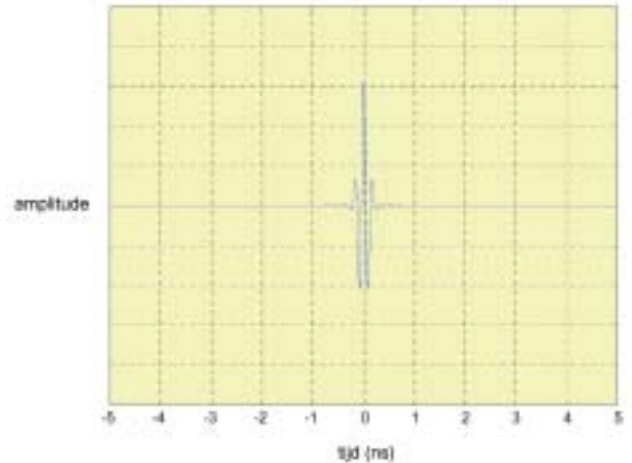
Figuur 1. Door hun lage energieniveau, dat bovendien over een breed spectrum wordt uitgesmeerd, blijven UWB-signalen onder de ruisdempel.



telt picoseconden



Figuur 2. Het FCC-masker met de maximale emissieniveaus moet interferentie met andere laag-niveau signalen voorkomen, in het bijzonder GPS. Binnen gebouwen mag het vermogen boven 1,61 GHz zo'n 10 dB hoger liggen.



Figuur 3. Voorbeeld van een UWB-puls.

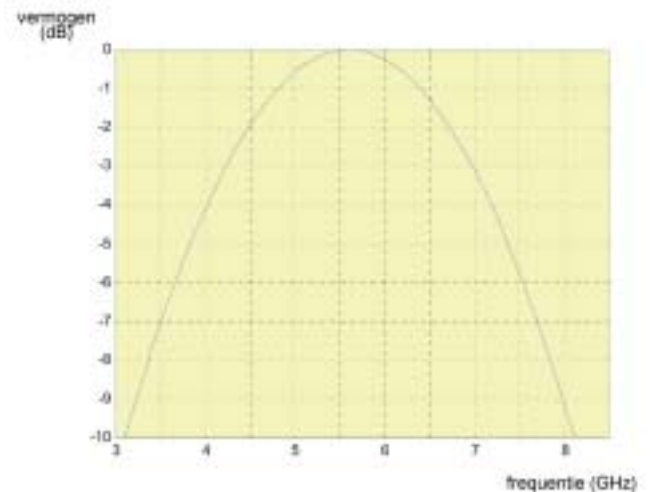
Ultrabreedband

De FCC definieert UWB als een signaal met een bandbreedte van meer dan 500 MHz binnen het spectrum van 3,1 tot 10,6 GHz. Omdat er risico bestaat dat de pulsen verstoring werken op GPS-ontvangst, waar de signaalsterkte eveneens minimaal is, moet het uitgestraalde vermogen binnen strikte grenzen blijven (figuur 2). Maar ook binnen het te gebruiken spectrum van 7,5 GHz gaat het om zeer lage niveaus: niet meer dan 75 nW per MHz bandbreedte en, over de gehele vermogencurve, gerekend een totaal van slechts 0,26 mW. Met 30 tot 100 mW zitten draadloze LAN's volgens IEEE 802.11b daar honderd tot vierhonderd maal boven. Het verschil met Bluetooth varieert maar is minstens een factor vier bij de laagste zendklasse van 1 mW. Vergeleken met ZigBee ligt het vermogenverbruik in dezelfde orde van grootte bij een veel hogere capaciteit. Opvallend aan de definitie van UWB is dat hij alleen spectrum en bandbreedte vastlegt, niet de aard van de transmissie. Hiermee wordt ruimte opengelaten voor andere technieken dan impulsradio, zoals snelle spread-spectrum zenders. Voorheen werd ultrabreedband communicatie omschreven als een metho-

de voor het coderen van informatie met behulp van zeer korte impulsen (figuur 3). Dat kan gebeuren op basis van positie in de tijd, amplitude of fase. De zender stuurt de signalen naar een breedbandige, niet-resonerende antenne. Omdat de impuls maar een fractie van een nanoseconde duurt, beslaat hij een bijzonder breed spectrum. De omvang daarvan neemt toe naarmate de impulsduur korter is. Bij de golfvorm uit figuur 2 gaat het om een bandbreedte van ongeveer 5 GHz (figuur 4). Hoe de uiteindelijke spectrale verdeling is, hangt mede af van de manier waarop de antenne is uitgevoerd.

Codering

Er zijn diverse mogelijkheden waarop digitale informatie in het signaal kan worden gecodeerd. Daarbij gaat het om drie basismethoden en een aantal varianten daarop. In de kern worden bits onderscheiden naar positie, amplitude of polariteit. Bij impulspositiemodulatie oftewel PPM bepaalt het moment waarop een puls binnenkomt wat de binaire waarde is (figuur 5). Een virtuele, nominale pulspositie dient als referentie. Komt het signaal op of voor dat moment binnen dan gaat het om een 'o', is hij later dan betreft het een '1'.



Figuur 4. Door de korte duur van de impuls, beslaat het signaal een zeer breed spectrum.

Het verschil tussen de 'o'- en '1'-positie is in de regel niet meer dan een fractie van een nanoseconde. Om interferentie tussen opeenvolgende pulsen te voorkomen is het interval tussen nominale punten veel groter. Sommige varianten onderscheiden vier posities en kunnen zo twee bits per vector coderen.

Figuur 6 toont modulatie op basis van pulsamplitudemodulatie. Bij PAM liggen de intervallen vast en dat zijn de momenten waarop de ontvanger bemonstert. Is er dan geen signaal dan >

wordt dat gedetecteerd als een '0', neemt hij wel een puls waar dan resulteert dat in een '1'. Ook hierbij is het mogelijk meer bits in een vector te stoppen door met meer dan twee signaalniveaus te werken. Nadeel van amplitude-modulatie ten opzichte van de twee andere methoden is dat de gevoeligheid voor verstoringen groter is.

In tegenstelling tot PPM en PAM past bij BPSK (Binary Phase Shift Keying) niet meer dan één bit in een vector. De bifasecodering onderscheidt bits aan de hand van de polariteit van de puls en daar zijn maar twee mogelijkheden in (figuur 7). Deze modulatievorm is wel robuuster dan de andere twee omdat signaalverzwakking en looptijdvariëaties de waarneming niet of nauwelijks verstoren.

Multiband

Omdat de definitie van de FCC niet rept over signaaltypen of modulatieschema's maar uitsluitend het spectrum en de vermogensdistributie vastlegt, is er ruimte gekomen voor nieuwe UWB-technieken. Het is bijvoorbeeld geen voorwaarde dat er pulsen worden uitgezonden, de enige eis is dat een signaal 500 MHz van het spectrum beslaat. Er is dus geen verplichting om de pulsen zo kort te maken dat ze de hele bandbreedte van 7,5 GHz omvatten.

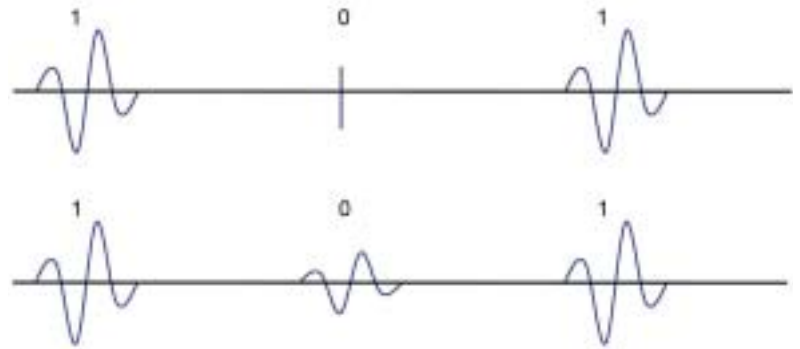
Dit inzicht heeft op diverse fronten geleid tot onderzoek naar manieren waarmee het potentieel van ultra-breedband kan worden benut in combinatie met meer reguliere principes voor draadloze communicatie. Een van de trends die hieruit is voortgekomen is multiband-UWB. Hierbij wordt het spectrum efficiënter gebruikt door gelijktijdig meerdere signalen uit te zenden. Die bevinden zich in gescheiden banden zodat er geen interferentie kan optreden (figuur 8).

Deze aanpak biedt enkele voordelen. Zo kunnen alle kanalen gelijktijdig worden gebruikt om een zeer hoge overdrachtssnelheid te halen. Ook schept het de mogelijkheid van meer simultane verbindingen zodat een groter aantal stations op hetzelfde moment kan communiceren.

Bovendien is het een stuk gemakkelijker het systeem te schalen naar capaciteitsbehoefte: langzamere stations kunnen toe met één of enkele banden, snelle verbindingen moeten meer kanalen inzetten.



Figuur 5. PPM onderscheidt bits aan de hand van hun verschuiving in de tijd.



Figuur 6. Bij amplitude-modulatie bepaalt de sterkte van het signaal de bitwaarde.



Figuur 7. IEEE 802.15.3a gaat uit van BPSK.

Ten slotte wordt het aanpassen aan andere spectrum-eisen een stuk eenvoudiger. Een of meer banden uitschakelen in hetzelfde systeem is ook geschikt voor landen die ten opzichte van de FCC-normen een krappere of verschoven masker voorschrijven. Dezelfde truc werkt ook als interferentie met andere netwerken optreedt, bijvoorbeeld het in het 5-GHz bereik opererende 802.11a.

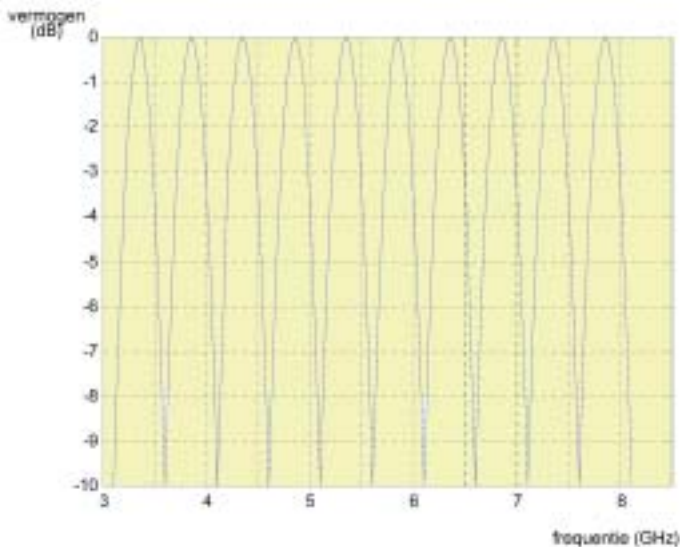
Zender/ontvanger

Binnen de IEEE-standaardisatiewerkgroep 802.15.3a tekent zich ondertussen een duidelijke meerderheid af voor de multiband-optie. Ook over de andere basiskennmerken van de fysieke laag bestaat overeenstemming. De WPAN-norm zal in eerste instantie netto overdrachtssnelheden van 110 en 200 Mbit/s bieden bij afstanden tot 9 respectievelijk 3,6 m. Sneller communiceren brengt ook een hoger zendvermogen met zich mee: 250 mW in plaats van 100 mW. Het coderen van de informatie gebeurt met BPSK. Overigens is het de bedoeling dat de maximale capaciteit later nog verder wordt verhoogd, bijvoorbeeld 480 Mbit/s, even-

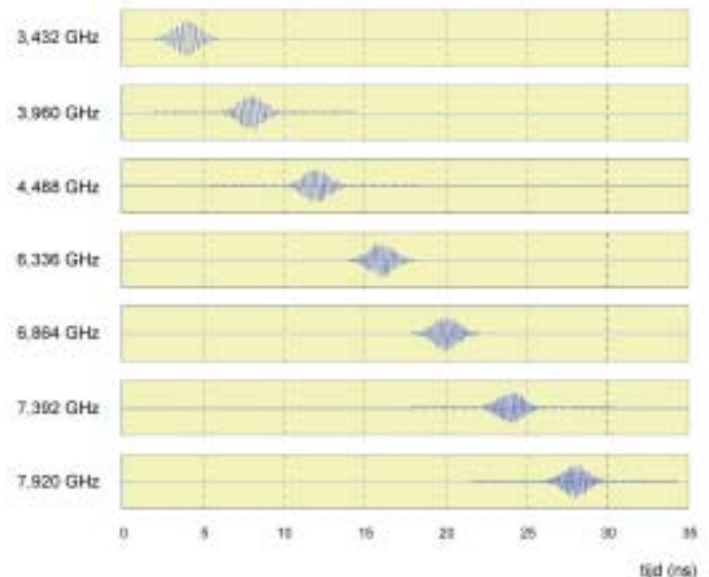
tueel ten koste van het bereik. Sommige aanbieders mikken zelfs al op 1 Gbyte/s.

De communicatie speelt zich af in drie banden van 528 MHz. Signalen worden sequentieel over de opeenvolgende banden verzonden zodat een enkele zender/ontvanger al het werk kan doen (figuur 9). Bij de eerste generatie apparatuur zal het alleen gaan om de drie banden tussen de 3,1 en 4,9 GHz. Snelle systemen kunnen dat uitbreiden met het spectrum van 6,0 tot 8,1 GHz. De tussen- en bovenliggende frequentiegebieden zijn gereserveerd voor toekomstig gebruik. Verder wordt de band rond 5,5 GHz helemaal vrijgehouden om interferentie met 802.11a-WLAN's te voorkomen.

De meest recente standaardisatievoorstellen zijn afkomstig van een groep grote ondernemingen, verenigd in de Multi-Band OFDM Alliance. Zij willen de modulatie uitbreiden met OFDM (zie kaders Bedrijvenconsortium mikt op multiband-UWB en OFDM). Dit zorgt voor een aanzienlijk hogere immuniteit voor multipadinvloeden en stoorsignalen. Wel leidt de toevoeging tot meer complexe zend-



Figuur 8. Bij onderverdeling van het UWB-spectrum in verschillende banden kunnen naar behoefte meer of minder kanalen worden gebruikt.



Figuur 9. Door de impulsen in de afzonderlijke frequentiebanden te verschuiven in de tijd, is maar één zend/ontvanger nodig.

Bedrijvenconsortia mikken op multiband-UWB

“Wil ultrabreedband een serieuze kans maken om zijn marktpotentieel te benutten dan moet de industrie eerst met een degelijke standaard komen.” Dat is een van de conclusies die de analisten van In-Stat/MDR recent publiceerden naar aanleiding van hun onderzoek naar UWB. Met overdrachtssnelheden van 500 Mbit/s en meer over korte afstanden kan het uitstekend de beperkingen van WLAN's, Bluetooth en ZigBee aanvullen. Maar leveranciers van consumentenelektronica en computerapparatuur zullen de techniek alleen gaan toepassen als ze verzekerd zijn van interoperabiliteit.

Tot dat inzicht waren ook Intel, Philips en UWB-specialisten General Atomics, Staccato Communications, Time Domain en Wisair gekomen. Daarom hebben zij de UWB Multi-Band Coalition in het leven geroepen. Belangrijkste doel is het definiëren van een technisch optimale, voordelig te implementeren fysieke laag voor UWB. Deze moet snelle verbindingen via WPAN's (Wireless Personal Area Network) mogelijk maken, uiteraard zonder te interfereren met andere vormen van draadloze communicatie.

De werkzaamheden van het consortium zijn erop gericht om de formele standaardisatie binnen IEEE 802.15.3a in een hogere versnelling te brengen. Beide organisaties werken nauw samen, waarbij het IEEE zich concentreert op het gehele netwerkmodel en de UMBC zich uitsluitend richt op de fysieke laag en het realiseren van bijbehorende hardware. Voor dit doel verzamelt de coalitie IP die de participanten voor dat doel afstaan en die door alle leden licentie- en rechtenvrij kunnen worden gebruikt.

WiMedia

Inmiddels is de UMBC alweer verleden tijd. Althans, wat de naam betreft. Het consortium is gefuseerd met een onder meer uit Hewlett-Packard, Panasonic, Samsung en Texas Instruments bestaande alliantie.

Deze groep bedrijven had zich achter een eerder voorstel van TI geschaard. Hierin wordt UWB gecombineerd met OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), wat de immunitet voor stoorsignalen en multipad-interferentie verder verbetert en de flexibiliteit en schaalbaarheid vergroot.

Deze Multi-Band OFDM Alliance is sindsdien snel gegroeid en telt nu meer dan 170 leden, waaronder Fujitsu, Infineon, Maxim, Microsoft, Mitsubishi, NEC, Nokia, Renesas, STMicroelectronics en Toshiba. Dat wil zeggen: telde. Want het jongste nieuws is dat de MBOA een fusie is aangegaan met de WiMedia Alliance. Beide organisaties gaan onder die laatste naam verder.

WiMedia zit al sinds de oprichting op dezelfde lijn als de MBOA. Grootste verschil is dat behalve de ontwikkeling van de fysieke laag ook de integratie met applicaties als IEEE1394/Firewire, USB en dergelijke tot de doelstellingen behoort. Ook wordt gewerkt aan een op UWB aangepaste implementatie van het internetprotocol.

UWB Forum

Het eind vorig jaar opgerichte UWB Forum mikt vooral op eindproducten. De ruim honderd leden tellende vereniging wil erop toezien dat, wanneer de UWB-standaarden zijn afgerond, de hierop gebaseerde toepassingen van verschillende fabrikanten ook daadwerkelijk interoperabel zijn. Dat moet gelden voor het hele spectrum aan mogelijke producten, van mobiele telefoons en opzetskastjes en van televisies tot PC's.

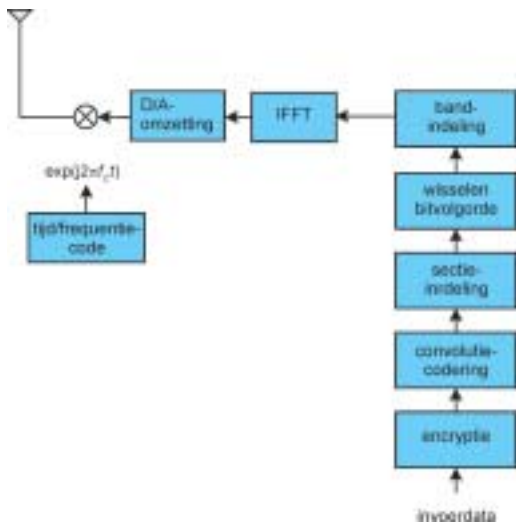
Verder zet het forum zich in voor wereldwijde UWB-regelgeving en toelatingsprocedures. Dat komt mede tot uiting in de samenstelling van de ledenlijst. Hierop zijn veel telecommunicatiebedrijven en netwerkbeheerders te vinden. Opvallend is ook het grote aandeel universiteiten en onderzoeksinstituten.

en ontvangstcircuits. Zo moeten Fourierbewerkingen worden uitgevoerd en dat maakt de toevoeging van een DSP-blok noodzakelijk (figuur 10 en 11).

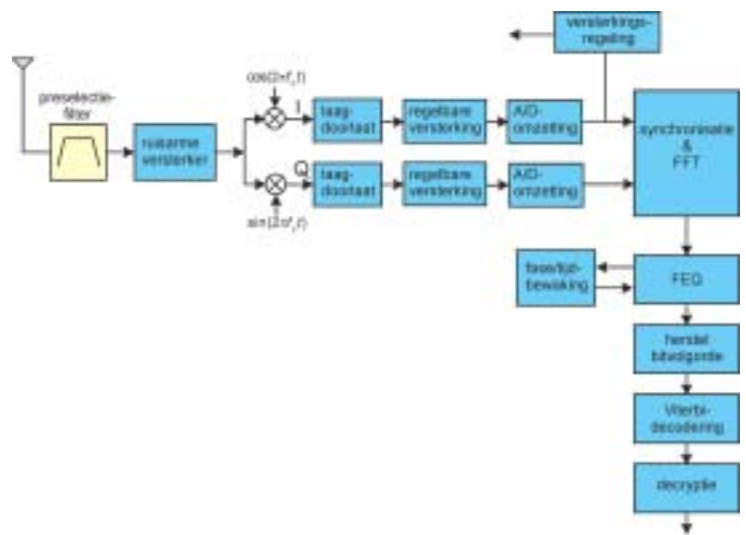
Hoewel de voorstanders van OFDM-

UWB in de meerderheid zijn, is er nog geen unanimitieit over deze benadering. Freescale Semiconductor (Moto-rola's voormalige halfgeleiderdivisie) en vreest dat de techniek door het toege-

paste frequentiehoppen niet zal voldoen aan de FCC-eisen. Daarom stellen ze een aanpak op basis van DS-CDMA voor, waarbij de gegevensstroom en niet het spectrum wordt onderverdeeld. >



Figuur 10. Mogelijke opbouw van een zender. De uitbreiding van UWB met OFDM maakt het circuit een stuk complexer.



Figuur 11. Door de orthogonale frequentiemodulatie heeft de ontvanger een DSP-sectie nodig die onder meer de FFT uitvoert.

Potentieel

Op dit moment wachten producenten op een eenduidige standaard. Hoe sneller die er komt, des te eerder de UWB-markt zich echt kan gaan ontwikkelen. En als hij er eenmaal is, kan het met de marktacceptatie heel snel gaan. Dat verwacht ook In-Stat/MDR (www.instat.com). Veronderstellende

dat dit jaar de norm wordt afgerond en de verkrijgbaarheid van bijpassende halfgeleiders voldoende is, voorspelt het onderzoeksbureau vanaf nu tot en met 2008 een jaarlijkse groei van 400 procent. Tegen die tijd zal de prijs van chipsets zijn gedaald van 15 tot circa 5 dollar en ook dat draagt bij aan de verkopen. Over drie jaar zouden

er al zo'n 300 miljoen chipsets over de toonbank moeten gaan.

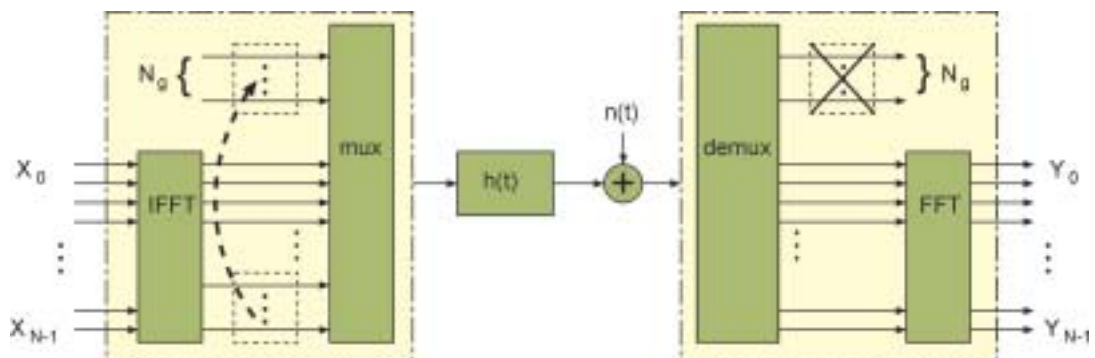
Die snelle stijging is niet zo vreemd want de applicaties liggen voor het oprapen. Zal het in eerste instantie gaan om WPAN's en draadloze tegenhangers van Firewire en USB 2.0, niet lang daarna zijn breedbanddiensten te

OFDM

Het principe van Orthogonal Frequency Division Multiplexing is eind jaren tachtig ontwikkeld door een groep Europese bedrijven als onderdeel van DAB (Digital Audio Broadcasting). Bij deze standaard voor digitale radio moet een enkel kanaal een capaciteit van 1 á 1,5 Mbit/s krijgen. Een van de problemen is dat het signaal te lijden heeft onder intermodulatie en zenderreflecties. Door de toenemende kanaaldichtheid groeit ook de invloed van die verstoringen.

De truc van OFDM is dat hierbij juist gebruik wordt gemaakt van onregelmatigheden in de propagatie van het zendersignaal. Intermodulatie en reflecties zijn sterk frequentieafhankelijk. Bovendien zal in veel gevallen de ontvanger in beweging zijn en ook daardoor veranderen de aard en intensiteit van de verstoringen continu. OFDM benut dit gegeven door de datastream, waarin uitgebreide correctiecodes zijn verwerkt, uit te smeren over een aantal subbanden en die verdeling in een hoog tempo continu te wijzigen. Het snelle schakelen en de telkens andere ontvangstcondities zorgen ervoor dat er, als een of enkele subsignalen niet goed doorkomen, maar een klein deel van de informatie verloren gaat. Met de correctiecodes kunnen die hiaten worden hersteld. Figuur A schetst de structuur van een OFDM-verbinding. Eerst worden N bits vertaald naar N parallele signalen en vervolgens, via een inverse Fast Fourier-transformatie, gemoduleerd naar evenveel orthogonale draaggolven, resulterend in één OFDM-symbool. Opeenvolgende symbolen zijn gescheiden door een cyclische prefix, N_g , die zelf geen informatie bevat. De ontvanger voert een demultiplex- en FFT-bewerking uit en kan zo de oorspronkelijke databits uit het signaal destilleren.

Een belangrijk voordeel van OFDM is dat reflectie- en intermodulatiesignalen nu ook informatiehoudend worden. Het maakt niet uit hoe de bits binnenkomen, als ze maar herkenbaar zijn.



Opbouw van een OFDM-verbinding.

Klik op deze links voor meer informatie

verwachten als lokale audio- en video-distributie.

Maar de mogelijkheden beperken zich niet tot snelle datacommunicatie. Door de nauwkeurige tijdwaarneming leent ultra-breedband zich uitstekend voor korte-afstand radar en daarbij is een resolutie van enkele centimeters haalbaar. Verder kan een basisimplementatie bijzonder eenvoudig zijn en kan het dankzij het marginale stroomverbruik zijn energie uit zijn directe omgeving bij elkaar schooieren. Dat is een interessante optie voor leveranciers en verladers die hun producten willen volgen. Ook kan UWB prima worden toegepast in cellulaire telefoons, al vergt dat wel bereidheid van netwerkaanbieders om te investeren in een andere infrastructuur. ■

De informatie over UWB op Internet is erg versnipperd. Oorzaak is dat de ontwikkeling ervan gelijktijdig verschillende kanten opgaat. Bedrijven en instellingen die zich van oudsher al met de techniek bezighielden, richten zich hoofdzakelijk op de conventionele impulsradio en radar- en defensietoepassingen. Aan de andere kant zijn standaardisatieorganisaties, regelgevers en belangengroeperingen druk met de spectra, interferentierisico's en toelatingseisen. En fabrikanten van chips, consumentenelektronica en communicatiesystemen willen het liefst zo snel mogelijk een marktrijpe, universeel te gebruiken en goedkoop te implementeren standaard voor draadloze netwerken.

Voor een algemene stand van zaken zijn enkele portalen en websites van organisaties een goed begin:

- www.ultrawidebandplanet.com
- www.multibandofdm.org
- www.wimedia.org
- www.uwbforum.org
- grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/TG3a.html
- portal.etsi.org/erm/ermtg31a_tor.asp

Verder is veel informatie te vinden bij bedrijven die zich met het onderwerp bezighouden, zoals:

- www.aetherwire.com
- www.artimi.com
- www.freescale.com
- www.gat.com (General Atomics)
- www.multispectral.com
- www.pulselink.net
- www.staccatocommunications.com
- www.ti.com
- www.timedomain.com
- www.ubisense.net
- www.utellus.nl

En wie meteen helemaal het UWB-circuit in wil duiken, moet begin september naar Zwitserland. In Zürich wordt dan de ICU 2005 gehouden, de vierde jaarlijkse IEEE-conferentie over UWB-systemen en -technieken (www.icu2005.ee.ethz.ch).