

Ultra-Wideband

Ausarbeitung für das Proseminar Technische Informatik

von Lutz Freitag

Matrikel Nr.: 4226598

Gliederung:

1. Einleitung
2. Regulierungen
 - 2.1 Bestimmungen für den Gebrauch in Deutschland
 - 2.2 internationale Regulierungen
3. Anwendungsbereiche
4. Funktionsweise / Prinzip
 - 4.1 Modulationsarten
 - 4.1.1 On/Off Keying
 - 4.1.2 Pulsamplitudenmodulation
 - 4.1.3 Pulspositionsmodulation
 - 4.2 Time-Hopping
5. Aufbau der Sender bzw. Empfänger
6. Vergleich zur anderen drahtlosen Signalübertragungen

1. Einleitung

Diese Ausarbeitung beschäftigt sich mit der noch sehr jungen Ultrabreitbandtechnologie, deren Einsatz kurz vor der Einführung in den Massenmarkt steht.

UWB ist eine neuartige Drahtlostechnologie, die im Gegensatz zu den bisherigen Technologien an keine Frequenz gebunden ist. Damit erschließt sie ungenutzte Kapazitäten im elektromagnetischen Spektrum. Mit UWB können Daten über ein extrem breites Frequenzspektrum übertragen werden. Dieses neue, bisher ungenutzte Konzept der Datenübermittlung verspricht vielfältige Nutzungsmöglichkeiten. Neben der Nutzung als Drahtlosverbindung zwischen digital arbeitenden Systemen wie Sensornetzwerken, Computerperipherie oder Computernetzwerken (WPAN) kann UWB zur Lokalisierung von Objekten eingesetzt werden.

Eine wichtige Neuerung durch UWB besteht in der effizienten Nutzung von Frequenzbereichen, die im Gegensatz zu schmalbandigen Systemen durch

Lizenzen gekauft oder gänzlich reserviert sind. Wobei auch diese Frequenzbereiche nicht annähernd ausschöpfend genutzt werden [6]. Durch die Nutzung von UWB-Systemen können hier viele Kapazitäten gewonnen werden.

2. Regulierungen

Mit der Diskussion über die Einführung von UWB mussten viele Dogmen überwunden werden, da UWB-Kommunikation nicht aktiv Interferenzen zu anderen Funkübertragungen verhindert, sondern diese inhärent in Kauf nimmt. Ein Argument der Gegner von UWB besagt, dass keine neuen Kapazitäten geschaffen werde, da es lediglich eine weitere Rauschquelle sei. Jedoch ist dieses Rauschen in relevanten Szenarien so gering, dass es praktisch nicht ins Gewicht fällt.

2.1 Bestimmungen für den Gebrauch in Deutschland

Am 16. Januar 2008 hat die Bundesnetzagentur durch eine Pressemitteilung ein Frequenzband zwischen 30MHz und 10,6GHz für die Nutzung von UWB Technologien in Deutschland freigegeben [2]. Damit ist die Agentur ihrer Verpflichtung nachgekommen, eine Regelung zu schaffen, die, nach der Entscheidung der Europäischen Kommission über die Gestattung der harmonisierten Frequenznutzung für Ultrabreitbandgeräte in der Gemeinschaft vom 21. Februar 2007, gefordert wurde.

In einem weiteren Schreiben [3] wurde explizit darauf hingewiesen, dass UWB-Anwendungen bei anderen Funkanwendungen keine Störungen hervorrufen dürfen und keinen Schutz vor anderen Funkanwendungen genießen. Außerdem wurden folgende Regelungen eingeführt:

- außerhalb von geschlossenen Gebäuden dürfen keine festen festen Funkverbindungen und keine ortsfesten Antennen betrieben werden.
- UWB-Sender müssen ihre Aussendung nach spätestens 10 Sekunden unterbrechen, falls kein Quittungssignal einer Gegenstelle empfangen wurde.

Frequenznutzungsparameter in Deutschland [3]

Frequenzbereich	Maximaler Mittelwert der spektralen Leistungsdichte		Maximaler Spitzenwert der Leistung	
	GHz	Pikowatt/MHz (e.i.r.p)	dBm/MHz (e.i.r.p)	Nanowatt (e.i.r.p)
< 1,6	1	-90	10	-50
1,6 – 2,7	3,16	-85	31,6	-45
2,7 – 3,4	100	-70	251	-36
3,4 – 3,8	10	-80	100	-40
3,8 – 4,2	100	-70	1000	-30
4,2 – 4,8	100	-70	1000	-30
4,8 – 6,0	100	-70	1000	-30
6,0 – 8,5	74100	-41,3	1000000	0
8,5 – 10,6	346	-65	3160	-25
> 10,6	3,46	-85	31,6	-45

2.2 Internationale Regulierungen

Im Februar 2002 gab die US-amerikanische Federal Communications Commission (FCC) als erste Regulierungsbehörde den Betrieb von UWB-Geräten frei. Hauptteil der Freigabe durch FCC war die Frequenzmaske, die sich von der deutschen vorrangig durch die höheren Sendeleistungen unterscheidet. International wurden seit 2003 einige Gebiete zu Testzonen erklärt, sogenannten *UWB Friendly Zones*, in denen der Betrieb von UWB Geräten zu Demonstrations- und Testzwecken genehmigt ist. Seit dem Beschluss der europäischen Kommission vom Februar 2007 steht der lizenzfreien Benutzung in Europa kaum etwas entgegen.

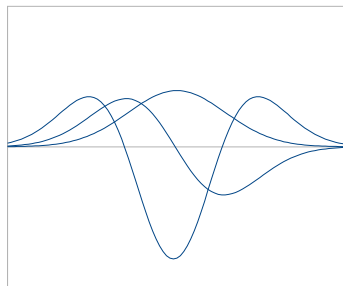
3. Anwendungsbereiche

Aus den bereits genannten Eigenschaften entsteht ein breites Band von Anwendungsgebieten für die UWB Technologie. Generell ist die Technologie besonders für den Einsatz, bei dem große Datenmengen auf kurze Distanz übermittelt werden sollen, prädestiniert. Zum Beispiel kann dadurch die Datenübertragung zwischen Haushaltsgeräten wie DVD Playern und Bildschirmen oder Computern und deren Peripherie drahtlos erfolgen [2]. Ein weiteres Anwendungsgebiet besteht in autonomen Sensornetzwerken, die bisher hauptsächlich auf WLAN Basis arbeiten, da hier ein besonders effizientes Energiemanagement gewährleistet werden muss und UWB den Vorteil der räumlichen Lokalisierung der Geräte und der zu messenden Objekte bietet. Gerade der geringe Energieverbrauch in der Datenübermittlung ist hier von großem Vorteil. Außerdem wäre es, auf Grund des möglichen großen Datendurchsatzes, denkbar, dass komplexe und zeitkritische Messungen durchgeführt werden, die vorher nur schwer realisierbar waren. Im Bereich der Computernetzwerke kann mittels dieser Technologie das sogenannte WPAN (Wireless Personal Area Network) realisiert werden, bei dem es für Außenstehende nur äußerst aufwändig wäre den Datenverkehr zu belauschen, da das UWB-Signal vom Rauschen kaum zu unterscheiden ist. Die älteste Verwendung von UWB besteht im Einsatz als Radar. Da die Technologie von IR-UWB an die des Impuls Radars angelehnt ist und die Sendeleistung im Nanowattbereich liegt (im Vergleich zu Impulsradaren, bei der die Sendeleistung im Megawattbereich liegt [5]), kann die Technologie zur Echtzeitpositionsbestimmung, auch durch feste Körper hindurch, genutzt werden. Das US-Militär benutzt diese Technologie zum Beispiel zur Detektion von Minen und im medizinischen Bereich kann damit eine neue, bildgebende Untersuchungstechnik eingeführt werden.

4. Funktionsweise / Prinzip

UWB ist ein drahtloses Overlay-System, also eine Technologie, die bereits verwendete Bereiche des Frequenzspektrums mitbenutzt, wobei die Funktion der Systeme, die diese Bereiche nutzen kaum beeinträchtigt werden, wie stark diese Beeinträchtigung ausfällt ist derzeit Gegenstand vieler Diskussionen.

Die folgende Arbeit beschränkt sich auf die Impulse-Radio-UWB Technik (IR-UWB), da diese eine der ersten Vorschläge für die UWB-Kommunikation war und im Gegensatz zur Verwendung vom orthogonalen-Frequenzteilungs-Multiplexverfahren das Verständnis der Technologie erleichtert.



Gaußpuls und seine ersten beiden Ableitungen

Beim IR-UWB werden die Informationen in Form einzelner Gaußpulse übertragen, wobei die Frequenzspreizung mit Hilfe von Time-Hopping-Codes erreicht wird. Diese Pulse werden analog erstellt und ohne Leistungsverstärker oder Mischer direkt auf die Antenne gegeben, wo sie sowohl im Sender als auch im Empfänger differenziert werden.

Der Grund für die korrekte Funktion des Systems, das heißt, die korrekte Trennung des Signales gegenüber dem Hintergrundrauschen, liegt darin, dass der Empfänger für jedes zu empfangene Symbol den Zeitpunkt kennt, in dem das Signal zu erwarten ist und auch nur zu diesem Zeitpunkt die Antenne abtastet. Dadurch entsteht die Robustheit gegenüber Mehrwegszenerarien. Mit diesem Verfahren wird auch die räumliche Lokalisierung von Objekten ermöglicht. Im Falle von Szenarien, in denen ein Verbund von UWB-Geräten im Einsatz ist, Sendet jedes Gerät einen Puls und misst die Laufzeit des Pulses bis

zur Rückkehr zur Antenne [5]. Dieses Schema ist analog zur Impulse-Radio-Technologie von Radaren und wird hier nicht weiter behandelt.

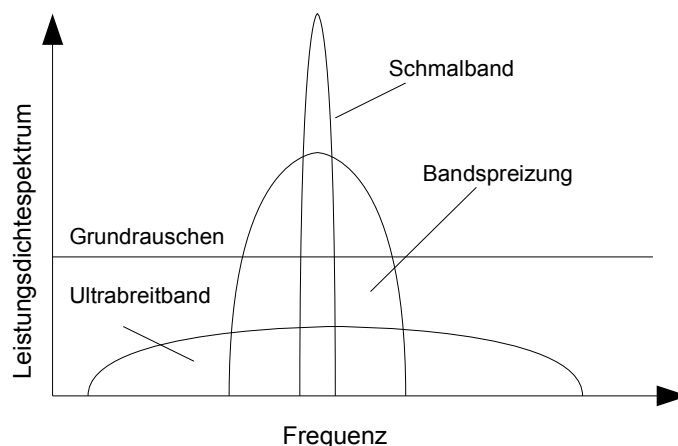
Ein UWB Signal besitzt weder eine Trägerfrequenz noch ein eigenes Frequenzband, im Sinne von Frequenzmodulierten bzw. Amplitudenmodulierten Systemen, sondern wird über seine absolute bzw. relative Bandbreite definiert. Die absolute Bandbreite B_a ist dabei das Frequenzband, in der die Signalabstrahlung unter 10dB der maximalen Abstrahlung liegt. Des Weiteren wird wegen dem Fehlen einer Trägerfrequenz das arithmetische Mittel der oberen und unteren Grenzen im Frequenzband als Mittenfrequenz angegeben

$$f_m = \frac{f_u + f_o}{2} \quad \text{mit } f_u \text{ bzw. } f_o \text{ als untere bzw. obere Grenze des Frequenzbandes,}$$

wobei die Abstrahlung bei f_u bzw. f_o 10dB unter der, der Mittenfrequenz, liegt. Als die relative Bandbreite B_r wird die absolute Bandbreite bezogen auf die

Mittenfrequenz bezeichnet:
$$B_r = \frac{f_o - f_u}{f_m}$$

Eine besondere Eigenschaft von UWB liegt in der Tatsache, dass in bereits vergebene Frequenzbereiche „eingebündelt“ wird. So kann ein UWB-Signal in die schmalbandige Übertragung eines anderen Gerätes einstreuen. Jedoch sind diese Einstreuungen leicht zu filtern, da die Differenz zwischen den frequenzspezifischen Leistungen eines UWB- bzw. Schmalbandsignals unter der, eines Schmalbandsignals und dem Grundrauschen, liegt [1].



Das LDS von UWB gegenüber schmalbandigen Übertragungen [1]

4.1 Modulationsarten

Beim IR-UWB werden eine bestimmte Anzahl Pulse (mit der Framedauer T) für jedes Symbol gesendet und lediglich die Amplitude bzw. der Zeitpunkt des Sendens verändert. Daraus ergeben sich nur wenige Modulationsarten. Im Folgenden werden drei Arten vorgestellt, die im Bezug auf ihre Bit-Error-Rate (BER) sind.

4.1.1 On/Off Keying (OOK)

Bei dieser einfachsten Modulation wird der geringste Anspruch an die Hardware gestellt. Bei der Übermittlung von Daten, wird für eine *Eins* ein Puls und für eine *Null* kein Puls gesendet. Der Nachteil beim OOK ist, dass im Falle von vielen aufeinanderfolgenden *Nullen* die Synchronisation zwischen Sender und Empfänger erschwert wird. Hierbei entsteht außerdem eine starke periodische Ausprägung des Signales, da die Pulsabstände ganzzahlige Vielfache von T sind.

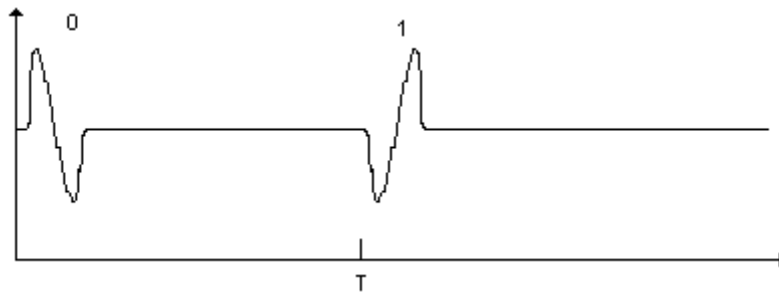
$$p_1(t)=1 \quad p_0(t)=0 \quad [1]$$



4.1.2 Pulsamplitudenmodulation (PAM)

Hierbei wird, wie beim OOK, die *Eins* als einfacher Puls gesendet, jedoch wird die Amplitude invertiert, wenn eine *Null* gesendet werden soll. Auch hierbei entsteht eine starke Periodizität des Signales, da die Pulsabstände gerade T entsprechen.

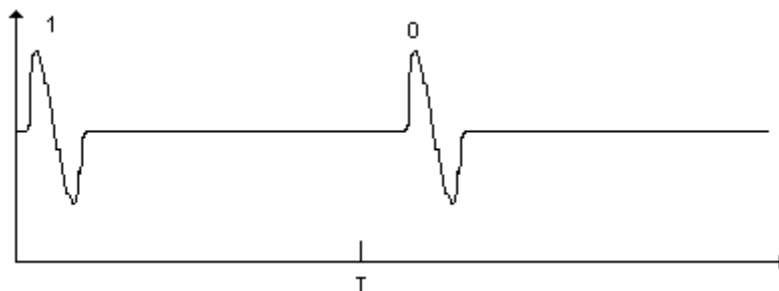
$$p_1(t)=p(t) \quad p_0(t)=-p(t) \quad [1]$$



4.1.3 Pulspositionsmodulation (PPM)

In diesem Verfahren wird für die Unterscheidung der Symbole eine Verzögerung benutzt. Im Falle der Eins wird ein einfacher Puls ohne Verzögerung gesendet und im Falle der Null ein Puls, der zeitlich verschoben ist. Hierdurch entsteht bereits eine gewisse Verteilung des Signals auf das breitbandige Spektrum, welches von UWB genutzt wird. Jedoch ist der Pulsabstand auf T bzw. $T+\Delta$ beschränkt.

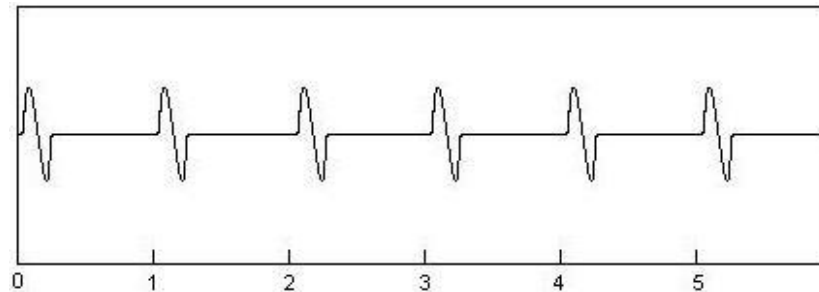
$$p_1(t) = p(t) \quad p_0(t) = p(t+\Delta) \quad [1]$$



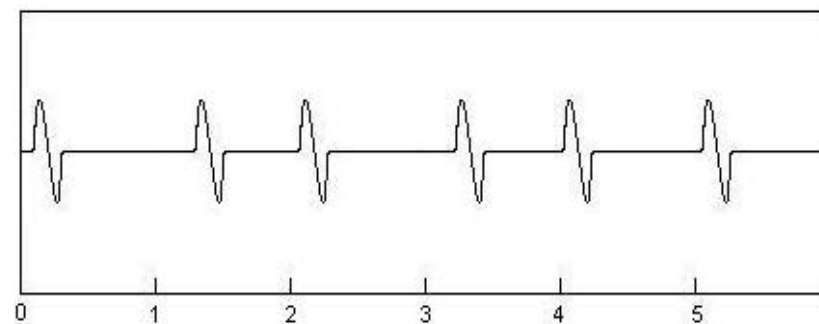
4.2 Time-Hopping (TH)

Aufgrund der starken Periodizität der UWB-Signale, die durch die oben genannten Eigenschaften erzeugt werden, entstehen Frequenzspitzen im Spektrum. Die Regulierungsbestimmungen berücksichtigen dies dadurch, dass auch solche Frequenzspitzen innerhalb der Frequenzmaske liegen müssen. Außerdem resultiert daraus in Szenarien, in denen mehrere UWB-Geräte gleichzeitig eingesetzt werden, eine starke „Multiple Access Interference“, also eine Mehrfachnutzung eines Frequenzbandes mit Interferenzen bezüglich mehrerer gesendeter Symbole. Um dem auszuweichen, werden pseudozufällige

Time-Hopping-Codes benutzt, die den Puls innerhalb eines Intervalls, das kleiner als die Hälfte der Framedauer ist, verschieben [1]. Da der TH-Code sowohl im Sender, als auch im Empfänger bekannt ist, ist der Empfänger in der Lage das eingehende Signal korrekt zu demodulieren.



Signal ohne TH-Code



Signal mit TH-Code

In Szenarien, in denen mehrere UWB-Geräte gleichzeitig in Betrieb sind, werden den Geräten unterschiedliche TH-Codes zugewiesen, somit können mehrere Geräte gleichzeitig senden. Die Benutzung von TH-Codes verringert jedoch nicht die Wahrscheinlichkeit, dass sich mehrere Pulse treffen, sondern sie verringert die Wahrscheinlichkeit, dass gesendete Symbole durch fremde Pulse nicht mehr erkennbar sind.

3. Aufbau der Sender und Empfänger

Im Gegensatz zu schmalbandigen Funksystemen muss bei der UWB-Technologie umgedacht werden, da sich die Modulation der Daten grundlegend von anderen Funksystemen unterscheidet. Inzwischen existieren von mehreren Herstellern Systeme, die als direkte Schnittstelle zur UWB-Technologie dienen [6]. Im Folgenden werden Sender und Empfänger für die

Pulspositionsmodulation beschrieben.

Aufbau des Senders

Ein UWB-Sender besteht grundlegend aus 7 Komponenten. Über den Dateneingang kommen die zu sendenden Daten zum Modulator, der aus den Daten ein Signal erzeugt, das entsprechend der PPM angepasst ist. Die modulierten Informationen werden zum Verzögerungsglied weitergeleitet, das zusätzlich zwei Eingänge, für einen hochpräzisen Taktgenerator, der den Beginn eines Frames signalisiert und den TH-Code-Generator, der den Wert der pseudozufälligen Verschiebung innerhalb der Frames erzeugt, besitzt. Im Verzögerungsglied werden die Signale innerhalb der Frames (entsprechend dem TH-Code) verschoben und zum Pulsgenerator geschickt, der die typischen IR-Pulse erzeugt und an die Antenne weiterleitet, wo die Pulse differenziert werden.

Aufbau des Empfängers

Hinter der Empfangsantenne, mit der die zweifach differenzierten Gaußpulse empfangen werden, befindet sich ein Multiplizierer, der das Signal der Antenne mit einem Schablonenpuls multipliziert, der genau wie im Sender erzeugt wird, wobei gerade die Verschiebung durch den TH-Code von Belang ist. Dieser Puls wird mit einer Schaltung erzeugt, die gleichwertig eines Senders ist, der permanent *Einsen* sendet. Danach wird das Signal über die Dauer des Schablonenpulses integriert. Wenn eine *Eins* gesendet wurde, so ist das Integral negativ, im Falle eine *NULL* ist das Integral positiv, da der Schablonenpuls zum Empfangenen Puls verschoben ist.

6. Vergleich zu anderen drahtlosen Signalübertragung

Die UWB-Technologie deckt grundlegend die gleichen Anforderungen wie andere Funkkommunikationsanwendungen mit kurzer Reichweite ab. UWB überzeugt jedoch durch die hohe mögliche Datenrate und den flexiblen Einsatz.

So ist die Datenrate gegenüber UMTS im Idealfall um den Faktor 183 bzw. gegenüber WLAN um den Faktor 18 (für den Standard IEEE 802.11n) größer. Im Bezug zur Mehrfachnutzung der genannten Systeme kann noch keine Aussage gemacht werden, da für UWB-Systeme noch keine ausreichenden Testergebnisse veröffentlicht wurden. Jedoch sollten die Datenübertragungsgeschwindigkeiten, durch die Nutzung von TH-Codes, der einzelnen Systeme in Mehrwegszenarien nur geringfügig sinken. Hier ist besonders anzumerken, dass UWB-Systeme gleichzeitig ein Frequenzband nutzen, ohne den Datenverkehr direkt untereinander zu organisieren, was der deutlichste Unterschied zu WLAN und UMTS ist.

Quellen:

- [1] Michael Eisenacher
Eisenacher Michael, Optimierung von Ultra-Wideband-Signalen (UWB)
Dissertation an der Universität Karlsruhe (TH), 2004
<http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000004809>
- [2] Pressemitteilung der Bundesnetzagentur, Bonn, 16.1.2008
Frequenzen für Ultra-Wideband-Technologie bereitgestellt
online unter <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/12430.pdf>
- [3] Änderung der Pressemitteilung, der Bundesnetzagentur, Vfg 1/ 2008 mit
17/2008
online unter <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/13155.pdf>
- [4] Raúl Blázquez, Fred Lee, David Wentzloff, Brian Ginsburg, Johnna Powell
and Anantha Candrakasan
Direct Conversion Pulsed UWB Transceiver Architecture
MIT, Cambridge, MA, USA, 2005
- [5] „Zeit-Frequenz-Signal-Analyse für Radaranwendungen mit synthetischer
Apertur (SAR)“ von Wolfgang Rieck, Shaker Verlag, ISBN 3826534808
- [6] Shared Spectrum Company
Measured Spectrum Occupancy At Six Locations
http://www.sharespectrum.com/images/occupancy_each_location.gif