

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

رساله دوره دکتری برق- الکترونیک

پیاده سازی باند پایه درگیرنده فرایهن باند دنباله مستقیم با تکنولوژی CMOS

حسین قرائی گرکانی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا نبوی

شهریور ۱۳۸۸

تشکر و قدردانی

تقدیم به پدر و مادر مهربانم که خشنودی شان بزرگترین دلگرمی ام در آموختن است.

با سپاس فراوان از همسر مهربانم که در پیچ و خم دوران تحصیل همواره همراه من بوده است.

با تشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر نبوی که با راهنماییهای ارزشمند خود من را در انجام

این پایان نامه راهنمایی فرمودند.

چکیده

این رساله یک سیستم رادیویی فراپهن باند جدید با توان کم ارائه می‌کند که با به کارگیری مشتق‌های متعامد زوج و فرد پالس‌های گوسی در سیمبول‌های مجاور عمل همزمان‌سازی را محقق می‌سازد. تحقق این سیستم که به دلیل تعامد میان پالس‌های مجاور در این OTR-UWB نامیده می‌شود، تنها از یک کد شبه تصادفی استفاده می‌نماید و به همین دلیل زمان همزمان‌سازی آن در مقایسه با سیستم‌های مشابه نظیر DS-UWB و TR-UWB به مراتب کمتر است. به این ترتیب OTR-UWB دارای پیچیدگی کمتر و بنابراین توان مصرفی کم می‌باشد، در حالیکه می‌تواند نرخ داده بالاتری را بدون استفاده از همسان‌ساز را حمایت می‌نماید. شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این سیستم رادیویی جدید نسبت به سیستم‌های مشابه از نظر BER به میزان ۱۰٪، کاهش متوسط زمان آشکارسازی ۶۰٪ و در پیچیدگی سخت افزار ۵۰٪ بهبود دارد.

همچنین در این رساله پیاده‌سازی OTR-UWB با FPGA و تکنولوژی CMOS ۰/۱۸ میکرون با استفاده از روش‌های خط لوله‌ای، اشتراک منابع، تخصیص منابع و انتخاب ماژول بررسی شده است. تراشه‌های FPGA نرخ داده ۵Mbps را بدست می‌دهند. آنالیز توان در این نرخ داده برای FPGA‌های XILINX، ALTERA و تکنولوژی CMOS مصرفی برای این دو FPGA به ترتیب مقادیر ۱۵۶، ۱۹۴ و ۱۱۳ میلی‌وات را نشان می‌دهد.

در پایان این رساله یک روش نوین از BCSE ارائه می‌کند که برای پیاده‌سازی جمع‌کننده‌های استفاده شده و می‌تواند توان مصرفی را به مراتب کاهش دهد. گرچه این روش برای BCSE‌های ۳ بیتی و ۴ بیتی آزمایش می‌گردد، ولی می‌توان آنرا برای حالت n بیتی نیز به کار گرفت.

پیاده‌سازی ضرب‌کننده با روش جمع‌کننده BCSE جدید برای باند پایه در سیستم OTR-UWB با نرخ توسعه یافته ۲۵Mbps، توان را به میزان ۳۴٪ حالت قبل کاهش می‌دهد. در این شرایط میزان توان برای FPGA‌های XILINX و ALTERA برابر ۱۰۶ و ۱۴۱ میلی‌وات است و برای تکنولوژی CMOS مقدار آن به ۷۶ میلی‌وات کاهش می‌یابد.

فهرست

فصل اول:	۱
معرفی UWB	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۱-۱-۱ پیشنهاد OFDM	۲
۲-۱-۱ پیشنهاد DS-UWB	۲
۲-۱ تاریخچه فرایهن باند	۳
۳-۱ مقررات مربوط به سیستم های فرایهن باند	۴
۴-۱ مزایا و معایب سیستم های فرایهن باند	۴
۵-۱ کاربرد های سیستم های فرایهن باند	۷
۶-۱ مدولاسیون در UWB	۸
۱-۶-۱ مدولاسیون Mono-phase	۸
۲-۶-۱ مدولاسیون Bi-phase	۹
۷-۱ چالش های موجود در سیستم های UWB	۱۰
۸-۱ ساختار پایان نامه	۱۱
فصل دوم:	۱۳
تکنیک فرایهن باند دنباله مستقیم (DS-UWB)	۱۳
۱-۲ مقدمه	۱۳
۲-۲ فرستنده گیرنده DS-UWB	۱۴
۱-۲-۲ فرستنده DS-UWB	۱۴
۲-۲-۲ کانال UWB	۱۵
۳-۲ تخمین کانال	۱۷
۴-۲ همزمان سازی	۱۹
۱-۴-۲ روش های همزمانی در UWB	۲۰
۲-۴-۲ سیستم مبتنی بر سیگنالهای ارسالی	۲۶
۳-۴-۲ سیستم ردیابی مبتنی بر FFT	۲۷
۴-۴-۲ نتیجه گیری	۲۸
۵-۲ ارزیابی سخت افزاری و زمانی همزمان سازی	۲۹
۶-۲ ارزیابی کارائی DS-UWB در نرم افزار MATLAB	۳۱
۱-۶-۲ آزمون اول	۳۳
۲-۶-۲ آزمون دوم	۳۴
۳-۶-۲ آزمون سوم	۳۵

۴۱	..... ۲-۶-۴ آزمون چهارم :
۴۴	..... ۲-۷ نتیجه گیری :
۴۶	..... سیستم پیشنهادی OTR-UWB
۴۶	..... ۳-۱ مقدمه
۴۶	..... ۳-۲ سیستم OTR-UWB
۴۷	..... ۳-۲-۱ پالس های UWB :
۵۱	..... ۳-۲-۳ فرستنده OTR-UWB :
۵۳	..... ۳-۲-۴ گیرنده OTR-UWB :
۵۴	..... ۳-۳ تحلیل و آنالیز کارائی :
۵۵	..... ۳-۳-۱ آنالیز متوسط زمان ردیابی :
۵۸	..... ۳-۳-۲ ارزیابی سخت افزار:
۵۹	..... ۳-۳-۳ نتایج تحلیل ها :
۶۲	..... فصل چهارم:
۶۲	..... پیاده سازی سخت افزار
۶۲	..... ۴-۱ مقدمه
۶۴	..... ۴-۲ پیاده سازی سیستم OTR-UWB
۶۵	..... ۴-۲-۱ همزمان سازی
۶۸	..... ۴-۳ آنالیز الگوریتم DSP
۶۹	..... ۴-۳-۱ بهینه سازی سنتز:
۷۰	..... ۴-۳-۲ پیاده سازی دیجیتال:
۷۲	..... ۴-۴ ضرب کننده:
۷۳	..... ۴-۴-۱ روش حذف محاسبات تکراری دودویی (BCSE):
۷۷	..... ۴-۴-۲ ساختار ضرب کننده فیلتر FIR:
۸۲	..... ۴-۴-۳ پیاده سازی دیجیتال:
۸۳	..... ۴-۴-۵ ساختار بهینه بلوک ضرب
۸۴	..... ۴-۵-۱ پیاده سازی دیجیتال:
۸۹	..... فصل پنجم:
۸۶	..... نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۶	..... ۵-۱ نتایج
۸۷	..... ۵-۲ کار های آینده:
۹۳	..... فصل ششم:
۸۹	..... مراجع
۹۵	..... پیوست ۱ واژه نامه

پیوست ۲ فهرست اختصارات ۹۷

فهرست جدول ها

جدول (۱-۲) : مقایسه روش‌های مختلف ردیابی دنباله PN، R_m حافظه مورد نیاز، R_a کلیه عملیات محاسباتی، T_{ACQ} زمان ردیابی، C_p تعداد همبستگی نگار در سیستم ترکیبی، τ تعداد بیت‌های دنباله PN و M تعداد مشاهدات [۶۰].....	۲۵
جدول (۲-۲) : مقایسه روش‌های مختلف همزمان‌سازی دنباله PN در سیمولینک MATLAB با استفاده از System GeneratorM طول کد و T_c : مدت زمان یک چیپ.....	۳۰
جدول (۱-۳) : مقایسه پیچیدگی سخت‌افزار سیستم OTR-UWB و TR-UWB.....	۵۹
جدول (۱-۴) : پیچیدگی سخت‌افزار باند پایه سیستم OTR-UWB با FPGA (الف) و XILINX (ب) ALTERA.....	۷۱
جدول (۲-۴) : آنالیز توان.....	۷۱
جدول (۳-۴) : نتایج بدست آمده از ضرب کننده ارانه شده در این پایان نامه برای ۱۲ بیت ضریب.....	۸۰
جدول (۴-۴) : تعداد جمع کننده‌های استفاده شده در فیلتر های مختلف.....	۸۰
جدول (۵-۴) : تعداد جمع کننده‌های استفاده شده در فیلتر های مختلف با تعداد بیت ضرایب گوناگون ..	۸۱
جدول (۶-۴) : پیچیدگی سخت‌افزار باند پایه سیستم OTR-UWB با ضرب کننده ارانه شده در FPGA (الف) و XILINX (ب) ALTERA.....	۸۳
جدول (۷-۴) : آنالیز توان با ضرب کننده ارانه شده.....	۸۳
جدول (۸-۴) : پیچیدگی سخت‌افزار باند پایه سیستم OTR-UWB با FPGA های XILINX ، ALTERA و فرایند 0.18μ	۸۵

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱) : تقسیم باند UWB در پیشنهاد OFDM [۱۶] ۲
- شکل (۲-۱) : تقسیم باند UWB در پیشنهاد DS-UWB [۲۶-۲۵] ۳
- شکل (۳-۱) : ماسک انتشار UWB برای محیط داخلی (الف) و خارجی (ب) [۳] ۵
- شکل (۴-۱) : مدولاسیون PAM: "1" یا "0" بودن داده از روی دامنه پالس مشخص می شود ۹
- شکل (۵-۱) : مدولاسیون PPM: موقعیت زمانی پالس ها داده ارسالی را مشخص می سازد ۹
- شکل (۶-۱) : مدولاسیون OOK : حضور و یا عدم حضور پالس نوع داده ارسالی را مشخص می کند ۹
- شکل (۷-۱) : مدولاسیون Bi-phase : مستقیم یا وارونه بودن پالس مشخص کننده داده می کند ۱۰
- شکل (۱-۲) : سیستم فرستنده DS-UWB ۱۴
- شکل (۲-۲) : سیگنالهای ورودی به گیرنده DS-UWB ۱۶
- شکل (۳-۲) : پروفایل توان بر حسب کانال UWB ۱۷
- شکل (۴-۲) : سیستم فرستنده DS-UWB ۱۸
- شکل (۵-۲) : فرمتهای فریم ارسالی ۱۹
- شکل (۶-۲) : بلوک دیاگرام یک سیستم ردیابی موازی [۵۹] ۲۱
- شکل (۷-۲) : بلوک دیاگرام یک سیستم ردیابی سری [۵۹] ۲۲
- شکل (۸-۲) : سیگنال ارسالی در روش همزمانی دو مرحله ای ارائه شده در [۱۰۵] ۲۴
- شکل (۹-۲) : نحوه قرار گیری کدهای متعامد و پالس های UWB در فریم TR-UWB [۷۸] ۲۶
- شکل (۱۰-۲) : بلوک دیاگرام خود همبستگی در گیرنده [۷۷] ۲۸
- شکل (۱۱-۲) : بلوک دیاگرام ردیابی مبتنی بر FFT ۲۸
- شکل (۱۲-۲) : سیستم فرستنده گیرنده DS-UWB الف: فرستنده ب: گیرنده ۳۰
- شکل (۱۳-۲) : تأخیر انتشار و انعکاسهای ناشی از یک مونوپالس گوسی در ۴ مدل کانال UWB ۳۲
- شکل (۱۴-۲) : منحنی BER آزمون اول برای سیستم تک کاربره DS-UWB ۳۳

- شکل (۱۵-۲) : منحنی BER آزمون اول برای یک سیستم ۴ کاربره DS-UWB ۳۴
- شکل (۱۶-۲) : منحنی BER آزمون دوم برای یک سیستم تک کاربره بدون همسان‌ساز و $T_c = 5ns$ ۳۵
- شکل (۱۷-۲) : تابع هزینه RLS و LMS ۴۱
- شکل (۱۸-۲) : بلوک دیاگرام DS-UWB با همسان‌ساز [۴۹] ۴۱
- شکل (۱۹-۲) : بلوک دیاگرام HR-DS-UWB ۴۲
- شکل (۲۰-۲) : تابع خطای سیستم HR-DS-UWB ۴۴
- شکل (۱-۳) : مشتق دوم پالس گوسی در حوزه زمان و فرکانس به ازای $\sigma = 0.05$ ۴۹
- شکل (۲-۳) : پالس‌های گوسی UWB ۵۰
- شکل (۳-۳) : همبستگی بین پالس‌های گوسی UWB ۵۰
- شکل (۴-۳) : سیگنال ارسالی فرستنده OTR-UWB ۵۱
- شکل (۵-۳) : سیستم فرستنده OTR-UWB ۵۲
- شکل (۶-۳) : فرمت فریم OTR-UWB ۵۲
- شکل (۷-۳) : باند پایه گیرنده OTR-UWB ۵۳
- شکل (۸-۳) : بلوک دیاگرام خودهمبستگی نمونه‌های دریافتی با تأخیر یافته‌های خود ۵۴
- شکل (۹-۳) : مقایسه متوسط زمان ردیابی نرمالیزه شده در برابر فاصله‌های جستجوی متوالی OTR- ۵۶
- شکل (۱۰-۳) : مقایسه متوسط زمان ردیابی نرمالیزه شده در برابر فاصله‌های جستجوی متوالی برای الگوریتم‌های همزمان‌سازی DS-UWB N=25 [۸۰] ۵۷
- شکل (۱۱-۳) : مقایسه متوسط زمان ردیابی نرمالیزه شده در برابر فاصله‌های جستجوی متوالی برای الگوریتم‌های همزمان‌سازی UWB با N=100 [۱۱۱] ۵۷
- شکل (۱۲-۳) : کارائی BER نسبت SNR برای دو سیستم TR-UWB و OTR-UWB ۶۰

- شکل (۳-۱۳) : کارائی BER نسبت SNR برای سیستم TR-UWB [۸۵] ۶۰
- شکل (۳-۱۴) : کارائی BER نسبت SNR برای سیستم DS-UWB [۱۱۲] ۶۱
- شکل (۴-۱) : فرستنده گیرنده سیستم OTR-UWB ۶۳
- شکل (۴-۲) : ردیابی با استفاده از خود همبستگی تاخیر یافته ۶۳
- شکل (۴-۳) : بلوک همزمان سازی سیستم OTR-UWB ۶۵
- شکل (۴-۴) : جمع کننده درختی ۶۶
- شکل (۴-۵) : ردگیری عالی ۶۷
- شکل (۴-۶) : فیلتر تطبیقی ۶۷
- شکل (۴-۷) : واحد جمع کننده و شیفت دهنده با استفاده از روش BCSE سه بیتی ۷۵
- شکل (۴-۸) : واحد جمع کننده و شیفت دهنده ارایه شده در این پایان نامه برای BCSE سه بیتی .. ۷۶
- شکل (۴-۹) : واحد جمع کننده و شیفت دهنده ارایه شده در این پایان نامه برای BCSE ۴ بیتی ۷۷
- شکل (۴-۱۰) : ساختار کلی ضرب کننده FIR ۷۸
- شکل (۴-۱۱) : ساختار ضرب کننده فیلتر برای BCS سه بیتی ۷۹
- شکل (۴-۱۲) : مقایسه تعداد جمع کننده ها در فیلتر های مختلف ۸۱
- شکل (۴-۱۳) : مقایسه تعداد جمع کننده ها در فیلتر های مختلف ۸۲
- شکل (۴-۱۴) : ساختار بهینه بلوک ضرب ۸۴

فصل اول:

معرفی UWB

۱-۱ مقدمه

بخش پانزدهم از مقررات FCC در سال ۲۰۰۲ مورد بازبینی قرار گرفت و پس از آن تکنولوژی فرابهن باند^۱ در محدوده فرکانسی ۳/۱-۱۰/۶ GHz جهت مصارف عمومی و تجاری تعیین گردید [۱-۲]. سیگنال فرابهن باند دارای نسبت پهنای باند (۱۰dB-) به فرکانس مرکزی بیشتر از ۰/۲ یا پهنای باند آن بیش از ۵۰۰MHz می‌باشد. به دلیل پهنای باند وسیع، سیستم‌های فرابهن باند در مقایسه با سیستم‌های رادیویی دیگر نرخ داده بالایی دارند و می‌توانند سرعت بالا و پیچیدگی کم را در کنار قابلیت اطمینان مناسب فراهم کنند [۱]. [۳].

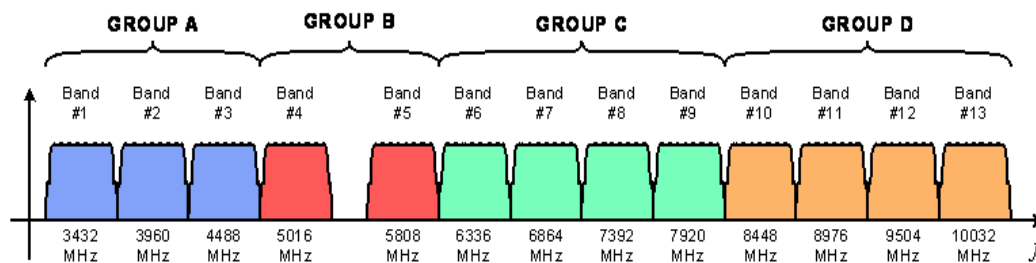
IEEE در سال ۲۰۰۲ گروه 802.15.3a را جهت استفاده از UWB به عنوان لایه فیزیکی شبکه‌های بی‌سیم با نرخ بالای داده و برد محدود (WPAN) ایجاد کرد. این گروه درخواست ارائه پیشنهاد را جهت استاندارد کردن شبکه WPAN با شرط اینکه پیشنهاد‌های ارائه شده مشخصات مورد نظر را برآورده نمایند، مطرح نمود [۱۶]. حداقل شرایط در نظر گرفته شده برای پیشنهادات، نرخ داده ۱۰۰ Mb/s در فاصله ۱۰ متری و بالاتر از ۲۰۰ Mb/s در فاصله ۴ متری با حداکثر توان مصرفی به ترتیب ۱۰۰ mW و ۲۵۰ mW و ماکزیمم BER برابر 10^{-9} بود. در سال ۲۰۰۵ گروه 802.15.3a پیشنهادات ارائه شده برای شبکه WPAN را به دو پیشنهاد بر پایه OFDM و رادیوی پالسی (DS-UWB) کاهش داد، اما در سال ۲۰۰۶ این گروه به

¹ Ultra-wideband (UWB)

دلیل نرسیدن به یک نظر واحد جهت استاندارد کردن یکی از این دو پیشنهاد، منحل شد. البته به نظر می‌رسد هر دو پیشنهاد در آینده به عنوان استاندارد های جداگانه در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند [۱۳].

۱-۱-۱ پیشنهاد OFDM :

این پیشنهاد توسط گروه Multiband OFDM که بعد ها به اتحاد WiMedia تبدیل شد، ارائه گشت [۲۷]. این پیشنهاد در واقع تعمیم استاندارد OFDM برای استفاده در سیستم های فرایهن باند است. نرخ داده در آن از $53/3 \text{ Mb/s}$ تا 480 Mb/s متغیر است. سیگنال ارسالی توسط یک DAC با سرعت بالا تولید می‌شود و نسبت به فرستنده های بر مبنای پالس بازده طیفی^۱ بالاتری دارد. مدولاسیون OFDM به طور ذاتی در برابر چند مسیره شدن کانال^۲، و تغییرات بهره، فاز، و تاخیر گروه در فرستنده گیرنده ها مقاوم است [۲۵]. این پیشنهاد باند UWB را به ۱۴ کانال ۵۲۸ مگاهرتزی مطابق شکل (۱-۱) تقسیم می‌کند.



شکل (۱-۱): تقسیم باند UWB در پیشنهاد OFDM [۱۶]

کانال ها به زیر گروه های ۲ یا ۳ کاناله تقسیم و پرش فرکانسی^۱ در این زیر گروه ها صورت می پذیرد. با

توجه به این پرش فرکانسی سیستم OFDM می‌تواند سطح توانی سه برابر ماکزیمم حد مجاز FCC تشعشع می‌کند و در نتیجه میانگین تشعشع در هر کانال شرایط ماسک فرایهن باند را برآورده سازد. یکی از اشکالات این روش پیچیدگی آن است به طوری که نرخ پرش فرکانسی کمتر از 10 ns و با فاصله فرکانسی

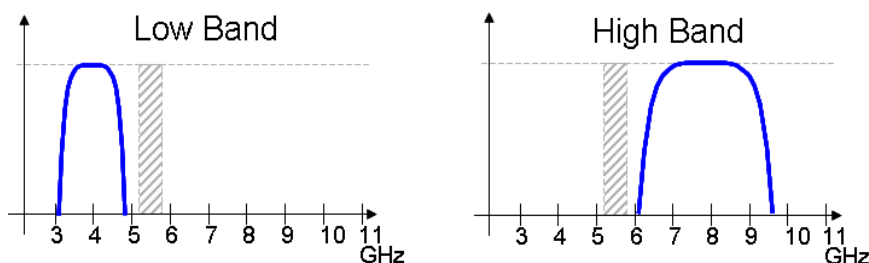
¹Spectral efficiency

² Channel multipath

۱۰۵۶ MHz مورد نیاز است. در نتیجه به یک PLL و چندین اسیلاتور و یک مالتی پلکسر برای انتخاب اسیلاتور نیاز خواهد بود.

۲-۱-۱ پیشنهاد DS-UWB :

پیشنهاد دیگری که به گروه 802.15.3a ارسال شد، ساختار DS-UWB^۲ از جانب مجمع UWB^۳ بود [۸]. این ساختار بر مبنای پالس است که از مدولاسیون BPSK^۴ استفاده می‌کند. سیگنال در دو باند GHz ۳/۱-۵/۱۵ و GHz ۵/۸۲۵-۱۰/۶ مطابق شکل (۲-۱) ارسال می‌شود. نرخ داده در این پیشنهاد از ۲۸ Mb/s شروع و تا ۱۳۲۰ Mb/s می‌رسد. مزیت مهم این ساختار سادگی و مصرف توان کمتر آن در مقایسه با ساختار OFDM است.



شکل (۲-۱): تقسیم باند UWB در پیشنهاد DS-UWB [۲۵-۲۶]

۲-۱ تاریخچه فرایه‌ن باند

اولین پیدایش مفهوم فرایه‌ن باند به صورت مستند به اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی باز می‌گردد. شرکت اسپری رند^۵ که توسط دکتر جرالده راس اداره می‌شد اولین مفاهیم فرایه‌ن باند را با نام مخابرات بدون حامل یا باند پایه و یا رادیو پالسی بنا نهاد. در سال ۱۹۷۰ راس چند مقاله در ارتباط با نحوه ایجاد پالس‌های نانو

1 Frequency hopping

2 Direct Sequence UWB

3 UWB Forum

4 Bi-Phase Shift Keying

5 Sperry Rand

ثانیه ای منتشر کرد [۱]. او در سال ۱۹۷۳ اختراع خود را با عنوان سیستم فرستنده و گیرنده جهت سیستم های باند پایه با عرض پالس کوتاه به ثبت رساند.

از سال ۱۹۷۷ تا سال ۱۹۹۴ دولت امریکا به تحقیق در مورد تکنولوژی UWB صرفنظر از کاربرد های عمومی پرداخت. از سال ۱۹۹۴ تحقیق در زمینه UWB به صورت عمومی آغاز شد و این موضوع به یکی از زمینه های مهم تحقیقاتی تبدیل گردید [۲] [۴] [۵].

۳-۱ مقررات مربوط به سیستم های فرایهن باند

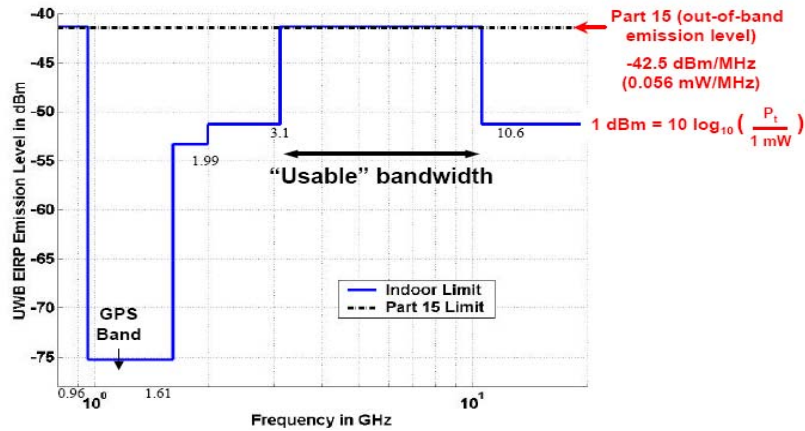
در سال ۱۹۹۸ FCC به اهمیت تکنولوژی UWB پی برد و شروع به تهیه استاندارد برای آن نمود. در فوریه سال ۲۰۰۲ FCC به طور رسمی ماسک UWB و مقررات استفاده از پهنای باند ۱/۶-۳/۱ GHz را اعلام کرد. همانطور که در قسمت الف شکل (۱-۳) نشان داده شده است برای کاربرد های داخلی و خارجی، توان انتشار سیستم های UWB باید به کمتر از $41/3 \text{ dBm/MHz}$ محدود گردد.

۴-۱ مزایا و معایب سیستم های فرایهن باند

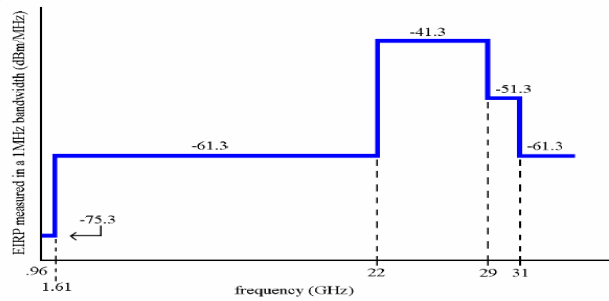
در مقایسه با سیگنال های باند باریک سیگنال UWB دارای ۴ مزیت اصلی است:

۱. این سیستم دارای قابلیت ارسال و دریافت نرخ بالایی از اطلاعات می باشد. طبق تئوری شانون، ظرفیت ارسال اطلاعات با پهنای باند نسبت مستقیم و خطی دارد. برای مثال نرخ داده پیشنهادی IEEE 805.15.3a به 480 Mbps برای پیشنهاد OFDM و 1 Gbps برای پیشنهاد DS-UWB بود. این سرعت در مقایسه با تکنولوژی امروز که 1 Mbps برای بلوتوث، 11 Mbps برای $802.11b$ و 55 Mbps برای $802.11a/g$ است، بسیار بالاست [۴۸].
۲. سیستم های UWB دارای رزولوشن بسیار بالایی هستند و در کاربردهای راداری می توانند به طور دقیق هدف متحرک را دنبال کنند.

۳. سیستم های UWB به دلیل پائین بودن چگالی توان از سطح نویز محیط به طور ذاتی ایمن هستند. بنابراین سیستم های باند باریک حتی تفاوت بین این سیگنال ها و نویز را نمی توانند تشخیص دهند [۶].



الف



ب

شکل (۳-۱): ماسک انتشار UWB برای محیط داخلی (الف) و خارجی (ب) [۳]

۴. سیستم های UWB بدون حامل هستند و تنها به پردازش در باند پایه نیاز دارند. بنابراین این سیستم ها در مقایسه با سیستم های رادیویی دیگر بسیار ارزان تر می باشند [۷].

۵. امکان استفاده مجدد^۱ از کانال‌ها در تکنولوژی UWB وجود دارد، به نحوی که انبوهی از وسایل الکترونیکی در مجاورت هم را می‌توان توسط یک کانال پوشش داد. شبکه‌های WPAN که بر اساس تکنولوژی UWB عمل می‌کنند، قادرند تعداد وسیعی از وسایل الکترونیکی را بدون حضور تداخل مخرب در یک کانال مشابه سرویس دهی نمایند. این خاصیت مزیتی بر شبکه‌های WLAN و IEEE802.11a کنونی می‌باشد که در آنها امکان استفاده مجدد از یک باند فرکانسی در دو نقطه مختلف وجود ندارد [۸].

با وجود مزایای بالا، این تکنولوژی دارای ۴ عیب عمده است:

۱. به دلیل استفاده از پهنای باند بسیار بالا، تداخل با سیستم‌های باند باریک موجود یک مشکل اساسی است. این تداخل دو طرفه است یعنی هم سیستم‌های باند باریک می‌توانند با UWB تداخل نمایند و هم سیستم‌های UWB می‌توانند در دریافت سیگنال‌های باند باریک مانند IEEE802.11a با فرکانس مرکزی ۵GHz ایجاد تداخل کنند. البته می‌توان با روش‌های شکل دهی پالس^۲ و مدولاسیون‌های مختلف این اثر را کاهش داد.
۲. سیگنال‌ها در سیستم‌های UWB در حوزه زمان بسیار باریک هستند. بنابراین به یک ADC و DSP با سرعت بسیار بالا نیاز دارند.
۳. سیستم‌های UWB به آنتن‌های فرایهن باند نیاز دارند. آنتن‌های باند باریک قدیمی نمی‌توانند دامنه و تاخیر گروه را برای طیف وسیعی از فرکانس‌ها ثابت نگه دارند. اما آنتن‌های فرایهن باند بزرگتر و گران‌تر از آنتن‌های باند باریک هستند، در نتیجه طراحی یک آنتن کوچک و ارزان برای این سیستم یک چالش محسوب می‌گردد.
۴. سیستم‌های UWB فاصله محدودی را می‌توانند پوشش دهند. به دلیل ایجاد تداخل کمتر با سیستم‌های رادیویی دیگر توان ارسالی سیستم‌های UWB باید زیر ماسک تعیین شده قرار

¹ reuse

² Pulse shaping

گیرد. توان ارسالی پایین به پوشش جغرافیایی کمتری منجر می‌شود. به طور کلی، با داشتن آنتن های با بهره بالا، سیگنال های UWB می‌توانند تا ۱ کیلومتر پوشش داشته باشند. اما با آنتن های معمولی، این فاصله به ۱۰ تا ۲۰ متر محدود می‌شود.

۵-۱ کاربرد های سیستم های فرابهن باند

کاربردهای UWB شامل ارتباطات، تعیین فاصله، سنسور راداری و رادارهای مربوط به حمل و نقل می‌شود [۱۴]:

۱. ارتباطات: فرستنده و گیرنده های UWB را می‌توان برای ارسال و دریافت اطلاعات با نرخ بالا، توان مصرفی پایین و قیمت ارزان به کار برد. تمرکز بیشتر بر ارتباطات در محدوده چند ده متری با نرخ داده چند صد مگاهرتزی بر ثانیه است.

۲. تعیین فاصله: به دلیل رزولوشن زمانی مناسب، تکنیک UWB را می‌توان برای تعیین فاصله بین دو شیء به کار برد. برای مثال در داخل تانک های آب، رادار UWB را می‌توان برای اندازه گیری ارتفاع آب به کار گرفت.

۳. تشخیص اشیاء هدف: رادارهای UWB را می‌توان برای تشخیص اشیاء یا افراد در درون فضاهای بسته و یا پشت دیوار به کار گرفت. با جایگذاری این رادارها در بیرون از خانه، می‌توان مکان افراد یا اشیاء داخل خانه را تعیین کرد.

۴. رادار وسایل نقلیه: این رادارها از فرکانس های نزدیک ۲۴GHz برای اندازه گیری مکان و حرکت اشیاء نزدیک وسیله نقلیه با ارسال و دریافت پالس های UWB استفاده می‌کنند. FCC باند فرکانسی ۲۲-۲۹ GHz را بدین منظور تخصیص داده است. این رادار جهت ناوبری، جلوگیری از تصادف، فعال سازی کیسه هوا و غیره می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۲۰].

۵. پزشکی: یکی از مهمترین کاربردهای کنونی UWB استفاده از آن در صنایع پزشکی یا WBAN^۱ می‌باشد. اخیراً در کارگروه‌های IEEE گروهی برای کنترل قطعات الکترونیکی یا روبات‌های داخلی بدن با استفاده از سیگنال‌های بی‌سیم به عنوان 802.15.6 مشغول به فعالیت می‌باشند. نمونه‌ای از کارهای انجام شده توسط آنها عبارتند از: حرکت روبات‌های داخل بدن، تشخیص ضربان قلب و شمارش آن، کنترل فشار خون و [۱۱۳].

۶. شبکه حسگرها^۲ [۱۱۴].

۶-۱ مدولاسیون در UWB

در سیستم UWB روش‌های مختلفی به منظور مدوله نمودن سیگنال ارسالی به کار می‌رود. عمده‌ترین این تکنیک‌ها که برای تولید سیگنال UWB به کار می‌روند را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:

۱. تکنیک Mono-phase شامل روش‌های PAM^۳، PPM^۴ و OOK^۵ است.

۲. تکنیک Bi-phase

۱-۶-۱ مدولاسیون Mono-phase

در تکنیک‌های Mono-phase که پالس‌های ارسالی بصورت مشابه هستند و بواسطه ایجاد پالس‌های زمانی متفاوت سیگنال UWB ایجاد می‌شود. در این تکنیک داده‌های "۱" و "۰" از طریق اندازه سیگنال ارسالی و یا موقعیت زمانی آنها در بسته ارسالی، مشخص می‌شوند [۲۳].

سه روش عمده که در این تکنیک مدولاسیون به کار می‌روند بصورت زیر می‌باشند:

^۱ Wireless Body Area Network

^۲ Wireless Sensor Area Network

^۳ Pulse Amplitude Modulation

^۴ Pulse Position Modulation

^۵ On-off keying

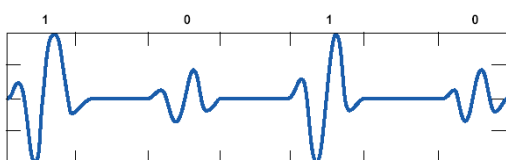
۱-PAM: این روش بر مبنای تفکیک موج‌های کوتاه و بلند عمل می‌نماید. در این روش گیرنده با توجه

به تفاوت دامنه‌های سیگنال دریافتی در مورد داده ارسالی تصمیم‌گیری می‌نماید.

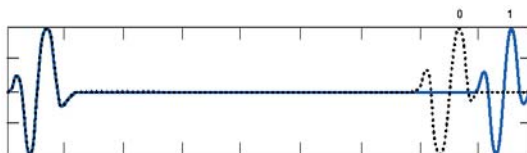
۲-PPM: در این روش دامنه پالس‌ها برای هر دو داده ارسالی "۱" و "۰" بصورت مشابه می‌باشد. گیرنده

بر مبنای اینکه سیگنال دریافتی را در چه زمانی دریافت نموده، تشخیص می‌دهد که داده ارسالی چه بوده است.

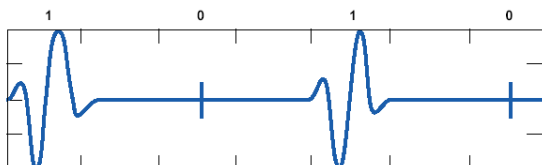
۳- OOK: در این روش حضور پالس بیانگر داده "۱" و عدم حضور پالس بیانگر داده "۰" می‌باشد(شکل(۱-۵)).



شکل(۱-۴): مدولاسیون PAM: "۱" یا "۰" بودن داده از روی دامنه پالس مشخص می‌شود



شکل (۱-۵): مدولاسیون PPM: موقعیت زمانی پالس‌ها داده ارسالی را مشخص می‌سازد



شکل(۱-۶): مدولاسیون OOK: حضور و یا عدم حضور پالس نوع داده ارسالی را مشخص می‌کند

۱-۶-۲ مدولاسیون Antipodal^۱

در این روش سیگنال ارسالی که به صورت پالس‌های مستقیم و پالس‌های وارونه در نظر گرفته می‌شود،

مشخص کننده "۱" یا "۰" بودن داده ارسالی است (شکل(۱-۷)). به واسطه این امر در روش Antipodal

^۱ Antipodal