



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق-مخابرات

عنوان:

کاهش مصرف توان در گیرنده‌های فرایپهن باند با استفاده از مدارهای آنالوگ غیرخطی

Energy efficient UWB receiver using Analog circuitry

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا ذهابی

استاد مشاور:

دکتر عطاءالله ابراهیمزاده

اساتید داور:

دکتر غلامرضا اردشیر

دکتر مهدی حسینی اندرگلی

نگارش:

ابوذر فرهمند

تابستان ۱۳۹۲



تشکر و قدردانی

بعد از سپاسگزاری از خداوند مهربان، بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ استاد بزرگووارم جناب آقای دکتر ذهابی کمال تقدیر و تشکر را نمایم. راهنمایی‌های ارزشمند ایشان در تمام مراحل پروژه، رهگشا بوده است. همچنین از جناب آقای دکتر ابراهیم‌زاده که در انجام این پروژه مرا یاری نمودند و از مشورت‌ها و کمک‌های ایشان استفاده نمودم، قدردانی می‌نمایم.

* * *

این پروژه طبق قرارداد پژوهشی شماره‌ی ۵۰۰/۸۸۰۷/ت تحت پشتیبانی معنوی و مالی مؤسسه‌ی تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات قرار گرفته است. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از مسئولان این مؤسسه کمال تشکر را بنمایم.

تقدیم به :

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

به خاطر زحمات بی دریغشان

و

برادر و خواهران عزیزم رحمان ، رضوان و شیدا

گل‌هایی که هرگز پژمرده نمی‌شوند

چکیده

در سال‌های اخیر، سرویس‌های جدیدی در مخابرات بی‌سیم مطرح شده‌اند که نرخ داده‌ی بسیار بالایی دارند. یکی از این سیستم‌ها، تکنولوژی فرایه‌ن باند می‌باشد. سیستم‌های فرایه‌ن باند انواع مختلفی دارند که یکی از پرکاربردترین آنها نوع MB-OFDM UWB می‌باشد. گیرنده‌ی این سیستم‌ها به دلیل نوع استفاده‌ی آن می‌بایست مصرف توان پایینی داشته باشد. وجود بلوک‌های FFT و ADC در گیرنده‌ی این سیستم به دلیل مصرف توان بالایی که دارند از چالش‌های مهم در طراحی بهینه‌ی گیرنده به شمار می‌روند.

در این تحقیق با استفاده از مدارهای آنالوگ غیرخطی در طراحی FFT، مصرف توان گیرنده به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده شده است. FFT آنالوگ پیشنهاد شده که ساختار آن بر اساس آینه‌های جریان آنالوگ CMOS می‌باشد، می‌تواند نرخ انتقال بسیار بالاتر و مصرف توان پایینتری را نسبت به روش‌های متداول دیجیتال فراهم کند. در طراحی FFT از تکنیک‌های VLSI استفاده شده است، به این ترتیب که ابتدا با استفاده از مدار آینه‌ی جریان کسکد، یک بلوک اصلی در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از این بلوک و نسخه‌های کپی شده‌ی آن کل مدار طراحی می‌شود.

در استاندارد IEEE 802.15.3a مربوط به سیستم‌های فرایه‌ن باند، زمان محاسبه‌ی FFT برابر $312/5$ نانوثانیه می‌باشد. زمان محاسبه‌ی FFT در روش پیشنهادی برابر 24 نانوثانیه می‌باشد در حالی که مصرف توان کلی آن برابر $1/7$ میلی‌وات می‌باشد. این مصرف توان در میان سایر طراحی‌ها بسیار کمتر است، به طوری که در بهترین طراحی، مصرف توان $6/8$ میلی‌وات حاصل شده بود. همچنین با توجه به طراحی آنالوگ، ADC که دیگر بلوک پرمصرف در گیرنده بود، حذف می‌شود و به این ترتیب پیچیدگی گیرنده بسیار کمتر است. پردازنده‌ی FFT طراحی شده منحصر به سیستم‌های فرایه‌ن باند نبوده و به طور کلی در گیرنده‌های دیگر که بر اساس OFDM می‌باشند نیز قابل استفاده است. لازم به ذکر است در این پایان‌نامه از نرم‌افزار ADS برای طراحی مدار و از نرم‌افزار متلب به منظور مدل‌سازی استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی

فراپهن باند، مدولاسیون تقسیم فرکانسی متعامد، تبدیل فوریه‌ی سریع آنالوگ، آینده‌ی جریان.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	پیشگفتار.....
	فصل اول - مقدمه‌ای بر سیستم‌های فرایپهن باند
۳.....	۱-۱- مقدمه.....
۴.....	۲-۱- سیر و تکامل تاریخی UWB.....
۴.....	۳-۱- طیف UWB.....
۶.....	۴-۱- مزایای UWB.....
۸.....	۵-۱- کاربردهای UWB.....
۸.....	۱-۵-۱- شبکه‌های شخصی برد کوتاه با نرخ بالا.....
۹.....	۲-۵-۱- مخابرات امن و مخفیانه.....
۹.....	۳-۵-۱- مکان‌یابی.....
۱۰.....	۴-۵-۱- مخابرات چند کاربره.....
۱۰.....	۶-۱- روش‌های ارسال در UWB.....
۱۰.....	۱-۶-۱- روش ارسال تک باند.....
۱۱.....	۲-۶-۱- روش ارسال چند باند.....
۱۲.....	۷-۱- چالش‌های پیش روی UWB.....
۱۳.....	۸-۱- خلاصه‌ی فصل.....
	فصل دوم- مروری بر سیستم‌های فرایپهن باند تک باند
۱۴.....	۱-۲- مقدمه.....
۱۵.....	۲-۲- تکنیک‌های مدولاسیون.....

۱۶	۱-۲-۲- مدولاسیون دامنه‌ی پالس
۱۶	۲-۲-۲- مدولاسیون کلیدزنی روشن-خاموش
۱۷	۳-۲-۲- مدولاسیون کلیدزنی شیفت فاز
۱۸	۴-۲-۲- مدولاسیون مکان پالس
۱۹	۳-۲- تکنیک‌های دستیابی چندگانه
۱۹	۱-۳-۲- سیستم‌های TH-UWB
۲۱	۲-۳-۲- سیستم‌های DS-UWB
۲۳	۴-۲- تکنیک‌های دمدولاسیون
۲۳	۱-۴-۲- گیرنده‌ی همبستگی سنج
۲۴	۲-۴-۲- گیرنده‌ی RAKE
۲۵	۵-۲- خلاصه‌ی فصل

فصل سوم- مروری بر سیستم های MB-OFDM UWB

۲۶	۱-۳- مقدمه
۲۸	۲-۳- مزایای استفاده از OFDM
۲۹	۳-۳- تولید سمبل OFDM
۳۲	۴-۳- سیستم MB-OFDM برای UWB
۳۳	۱-۴-۳- پارامترهای OFDM
۳۴	۲-۴-۳- کدهای زمان-فرکانس
۳۵	۳-۴-۳- پارامترهای وابسته به نرخ داده
۳۷	۵-۳- ساختار فرستنده-گیرنده‌ی MB-OFDM UWB
۳۹	۱-۵-۳- درهم‌ریزی و معکوس آن
۴۰	۲-۵-۳- کدگذار کانولوشن و کدگشای ویتربی
۴۴	۳-۵-۳- جای‌گذاری و معکوس آن

۴۵-۳-۴- نداشت کننده منظومه.....

۴۷-۳-۶- خلاصه‌ی فصل.....

فصل چهارم- طراحی پردازنده‌ی FFT آنالوگ

۴۸-۴-۱- مقدمه.....

۴۹-۴-۲- مزایای سیگنال مخلوط شده.....

۵۱-۴-۳- ساختار پروانه‌ای FFT مینا-۲.....

۵۱-۴-۳-۱- ساختار FFT، ۸ نقطه‌ای.....

۵۲-۴-۳-۲- WF های اصلاح شده بر روی ساختار پروانه‌ای FFT، ۸ نقطه‌ای.....

۵۴-۴-۳-۳- الگوریتم گسترش برای ساخت FFT، ۱۲۸ نقطه‌ای.....

۵۷-۴-۳-۴- دسته بندی اندیس‌ها.....

۶۰-۴-۴- طراحی مداری FFT آنالوگ.....

۶۲-۴-۴-۱- بلوک اصلی برای آینه‌ها و ضرایب وزن دهی.....

۶۲-۴-۴-۲- طبقه‌های متوالی NMOS/PMOS.....

۶۲-۴-۴-۳- مقیاس جریان در هر طبقه‌ی FFT.....

۶۳-۴-۴-۴- انتخاب آینه‌ی جریان مناسب.....

۶۵-۴-۵- خلاصه‌ی فصل.....

فصل پنجم- نتایج و شبیه‌سازی‌ها

۶۶-۵-۱- مقدمه.....

۶۷-۵-۲- خروجی‌های تفاضلی مدار FFT.....

۶۸-۵-۳- مصرف توان.....

۶۹-۵-۴- طول زمانی FFT.....

۷۱-۵-۵- مدل‌سازی آینه‌ی جریان به منظور مشاهده‌ی عملکرد FFT.....

۶-۵- مقایسه‌ی عملکرد آینه‌های جریان مختلف ۷۴

۷-۵- سنجش عملکرد FFT با در نظر گرفتن کدگشا ۷۶

۸-۵- خلاصه‌ی فصل ۷۷

فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۶- نتیجه‌گیری ۷۸

۲-۶- پیشنهاداتی برای ادامه‌ی کار ۷۹

منابع و مآخذ ۸۱

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵.....	شکل ۱-۱- محدوددهی طیفی مجاز UWB برای ارتباطات خانگی
۶.....	شکل ۲-۱- طیف UWB و سیستم‌های باندهایک موجود
۹.....	شکل ۳-۱- مقایسه‌ی UWB با دیگر سیستم‌های بی‌سیم
۱۵.....	شکل ۱-۲- نمونه‌ای از شکل موج‌های تک‌چرخه‌ای
۱۶.....	شکل ۲-۲- سیگنال PAM، ۴ تایی
۱۷.....	شکل ۳-۲- سیگنال OOK
۱۸.....	شکل ۴-۲- سیگنال PSK دوفازه
۱۸.....	شکل ۵-۲- سیگنال PPM، ۴ تایی
۲۰.....	شکل ۶-۲- سیستم TH-UWB با دنباله‌ی $\{1,0,3,\dots\}$
۲۱.....	شکل ۷-۲- سیستم TH-UWB (با، الف) مدولاسیون PAM، (ب) مدولاسیون PSK، (ج) مدولاسیون PPM
۲۲.....	شکل ۸-۲- سیستم DS-UWB با مدولاسیون BPSK، (الف) داده‌های ورودی، (ب) کد شبه تصادفی، (ج) سیگنال ارسالی
۲۳.....	شکل ۹-۲- ساختار یک گیرنده‌ی هبستگی‌سنج نوعی
۲۴.....	شکل ۱۰-۲- ساختار یک گیرنده‌ی RAKE با N شاخه‌ی موازی
۲۷.....	شکل ۱-۳- طیف یک سیگنال UWB چند باند نمونه [۲۰]
۲۸.....	شکل ۲-۳- عملکرد OFDM در کانال‌های با محوشدگی فرکانس‌گزین، (الف) حالت ایده‌آل بدون محوشدگی، (ب) محوشدگی شدید و بدون استفاده از OFDM، (ج) محوشدگی شدید و با استفاده از OFDM
۳۱.....	شکل ۳-۳- فرستنده و گیرنده‌ی یک سیستم OFDM
۳۲.....	شکل ۴-۳- تقسیم باندهای فرکانسی در MB-OFDM UWB
۳۵.....	شکل ۵-۳- نمایش کد زمان-فرکانس $\{1\ 3\ 2\ 1\ 3\ 2\}$ برای سیگنال MB-OFDM [۱۸]
۳۷.....	شکل ۶-۳- گستردگی فرکانسی و زمانی برای، (الف) نرخ‌های پایین، (ب) نرخ‌های متوسط، (ج) نرخ‌های بالا [۲۳]
۳۸.....	شکل ۷-۳- لایه‌ی فیزیکی سیستم MB-OFDM UWB، (الف) فرستنده، (ب) گیرنده [۱۸]

- شکل ۳-۸- کدگذار کانولوشن(کد مادر) برای سیستم UWB MB-OFDM ۴۰
- شکل ۳-۹- رابطه‌ی ورودی-خروجی کدگذار کانولوشن ۴۱
- شکل ۳-۱۰- مثالی از روند حذف و اضافه کردن بیت برای نرخ ۱۱/۳۲ ۴۲
- شکل ۳-۱۱- مثالی از روند حذف و اضافه کردن بیت برای نرخ ۵/۸ ۴۳
- شکل ۳-۱۲- جای‌گذاری، الف)بین سمبلی، ب)بین حاملی ۴۵
- شکل ۳-۱۳- منظومه‌ی QPSK ۴۶
- شکل ۴-۱- نمودار پروانه‌ای FFT، ۸ نقطه‌ای [۲۱] ۵۲
- شکل ۴-۲- ضرایب وزن‌دهی FFT، ۸ نقطه‌ای بر روی دایره‌ی واحد [۳۹] ۵۳
- شکل ۴-۳- نمودار پروانه‌ای اصلاح شده برای FFT، ۸ نقطه‌ای [۳۹] ۵۴
- شکل ۴-۴- ساختار پروانه‌ای FFT ۵۵
- شکل ۴-۵- تولید WF ها برای طبقات پروانه‌ای مختلف در FFT، ۱۲۸ نقطه‌ای [۳۹] ۵۶
- شکل ۴-۶- الگوریتم دسته‌بندی اندیس‌ها برای FFT، ۸ نقطه‌ای [۳۹] ۵۸
- شکل ۴-۷- نمایش دودویی ورودی‌ها و خروجی‌های FFT، ۸ نقطه‌ای و وابستگی معکوس بیتی آنها [۳۹] ۵۹
- شکل ۴-۸- مدار آینه‌ی جریان کسکد ۶۱
- شکل ۴-۹- آینه‌های جریان متداول، الف)ساده، ب)کسکد دو طبقه، ج) کسکد سه طبقه، د)ویلسون، ه)ویلسون اصلاح شده ۶۴
- شکل ۵-۱- خروجی‌های تفاضلی مدار FFT ۶۷
- شکل ۵-۲- تغییرات زمانی مصرف توان مدار FFT بر حسب جریان‌های بایاس مختلف ۶۸
- شکل ۵-۳- طول زمانی FFT بر حسب جریان‌های بایاس مختلف ۷۰
- شکل ۵-۴- شبیه‌سازی نرخ خطای بیت برحسب سیگنال به نویز برای FFT مدل شده با آینه‌ی جریان کسکد به ازای جریان‌های بایاس مختلف ۷۳
- شکل ۵-۵- مشخصه‌ی خروجی آینه‌های جریان مختلف ۷۴
- شکل ۵-۶- مقایسه‌ی نرخ خطای بیت برحسب سیگنال به نویز برای FFT مدل شده با آینه‌های جریان مختلف ۷۵
- شکل ۵-۷- مقایسه‌ی نرخ خطای بیت برحسب سیگنال به نویز برای FFT مدل شده با آینه‌های جریان مختلف بعد از اعمال کدگشا ۷۶

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۳	جدول ۱-۳- پارامترهای OFDM
۳۴	جدول ۲-۳- کدهای زمان-فرکانس برای گروه باند ۱
۳۶	جدول ۳-۳- پارامترهای وابسته به نرخ داده
۴۷	جدول ۴-۳- کدگذاری QPSK
۶۹	جدول ۱-۵- مقایسه‌ی مصرف توان FFT روش پیشنهادی با دیگر کارهای انجام شده
۷۲	جدول ۲-۵- خطای آینه‌ی جریان کسکد NMOS
۷۲	جدول ۳-۵- خطای آینه‌ی جریان کسکد PMOS

لیست علائم و اختصارات

ABSV	مقدار ورودی مطلق (Absolute Value)
ADC	مبدل آنالوگ به دیجیتال (Analog to Digital Converter)
AWGN	نویز گوسی سفید جمع شونده (Additive White Gaussian Noise)
DFT	تبدیل فوریه‌ی گسسته (Discrete Fourier Transform)
DS	دنباله‌ی مستقیم (Direct Sequence)
DSP	پردازنده‌ی سیگنال دیجیتال (Digital Signal Processor)
FCC	کمیسیون ارتباطات فدرال (Federal Communications Commission)
FFT	تبدیل فوریه‌ی سریع (Fast Fourier Transform)
FH	پرش فرکانسی (Frequency Hopping)
FPGA	آرایه‌ی گیت‌های قابل برنامه‌ریزی میدانی (Field-Programmable Gate Array)
GPS	سیستم موقعیت‌یاب جهانی (Global Positioning System)
HDTV	سیگنال‌های تلویزیون با تعریف بالا (High Definition TV)
IDFT	عکس تبدیل فوریه‌ی گسسته (Inverse Discrete Fourier Transform)
IFFT	عکس تبدیل فوریه‌ی سریع (Inverse Fast Fourier Transform)
ISI	تداخل بین سمبلی (Interference InterSymbol)
LNA	تقویت کننده‌ی کم نویز (Low Noise Amplifier)
OFDM	مدولاسیون تقسیم فرکانسی متعامد (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
OOK	مدولاسیون کلیدزنی روشن-خاموش (On-Off Keying)

PAM	مدولاسیون دامنه‌ی پالس (Pulse Amplitude Modulation)
PPM	مدولاسیون مکان پالس (Pulse Position Modulation)
PRBS	چند جمله‌ای مولد دنباله‌ی شبه تصادفی (Pseudo Random Binary Sequence)
PSD	چگالی طیف توان (Power Spectral Density)
PSK	مدولاسیون کلیدزنی شیفت فاز (Phase Shift Keying)
RF	فرکانس رادیویی (Radio Frequency)
RFID	هویت سنجی مبتنی بر فرکانس رادیویی (Radio Frequency Identification)
S&H	نمونه‌برداری و نگه‌دار (Sample-And-Hold)
SNR	نسبت سیگنال به نویز (Signal To Noise Ratio)
T.R	نرخ کلی (Throughput Rate)
TH	پرش زمانی (Time Hopping)
UWB	فراپهن باند (Ultra Wide Band)
VGA	تقویت‌کننده‌ی بهره‌ی ولتاژ (Voltage Gain Amplifier)
WF	فاکتور وزن‌دهی (Weighting Factor)
WLAN	شبکه‌ی محلی بی‌سیم (Wireless Local Area Network)
WPAN	شبکه‌ی شخصی بی‌سیم (Wireless Personal Area Network)
WSN	شبکه‌های حسگر بی‌سیم (Wireless Sensor Network)

پیشگفتار

از گذشته تا به حال ارتباطات و مخابراتی پیام‌ها همواره به عنوان یکی از موضوعات بسیار مهم برای بشر محسوب می‌شده است. در دوران قدیم دود، نور و پرچم از اشکال برقراری ارتباط و فرستادن پیام بوده است. تاریخچه‌ی مخابراتی پیام به شکل امروزی به اوایل قرن نوزده با کشف الکتریسیته و خاصیت انتقال آن بصورت سیگنال و علامت، برمی‌گردد که از طریق آن برای اولین بار یک پیام با سرعتی افزون‌تر از سرعت هر انتقال دهنده‌ی دیگری فرستاده شد. از اوایل قرن بیستم که ماهیت امواج الکترومغناطیس توسط دانشمندان کشف شد، ارتباطات رادیویی کم کم شکل گرفت و در طول زمان تکامل یافت تا به شکل امروزی رسید. در دنیای امروز همه‌ی انسان‌ها در حال استفاده از ارتباطات سیار هستند. این ارتباطات جزء جدایی ناپذیر زندگی انسان‌ها شده است، به طوری که در حال حاضر کمتر کسی را می‌توان یافت که از تلفن همراه استفاده نکند.

تقاضای روز افزون کاربران در استفاده از سیستم‌هایی که پهنای باند زیادی داشته و در تجهیزات قابل حمل، قابل تعبیه باشند، سیستم‌های مخابراتی را به سمتی پیش برده است که این مهم را برآورده سازند. از جمله مسائلی که در مخابرات بی‌سیم مورد توجه طراحان بوده است، طراحی یک سیستم با نرخ داده‌ی بالا می‌باشد که بتواند حجم بالایی از اطلاعات را در زمان کوتاهی ارسال یا دریافت کند.

یکی از جدیدترین سیستم‌هایی که در محدوده‌ی شبکه‌های شخصی بی‌سیم مطرح گردیده است، سیستم فرایپهن باند می‌باشد. این سیستم با پهنای باند بسیار بزرگ خود نیاز کاربران را برای برقراری ارتباط بین تجهیزات مخابراتی مختلف به راحتی مهیا می‌سازد. این تکنولوژی یکی از گزینه‌های ایده‌آل برای جای‌گزینی دیگر پروتکل‌های بی‌سیم از جمله بلوتوث است. با توجه به نوع کاربرد این سیستم‌ها، مصرف توان آن باید به قدری پایین باشد که بتواند به راحتی در تجهیز مخابراتی مورد نظر فعالیت نموده و مشکلی در سیستم پدید نیاورد. استفاده از مدارهای آنالوگ در گیرنده‌ی فرایپهن باند که در این پایان‌نامه به آن پرداخته می‌شود، کار جدیدی است که می‌تواند مصرف توان را به طور قابل ملاحظه‌ای پایین بیاورد. در این تحقیق به منظور کاهش مصرف توان گیرنده، بلوک تبدیل فوریه‌ی سریع به صورت آنالوگ طراحی می‌شود. این بلوک برای پیاده‌سازی نیاز به اعمال جمع و ضرب دارد که این موارد با استفاده از مدارهای آینه‌ی جریان طراحی می‌شوند.

نحوه‌ی ارائه‌ی مطالب در این پایان‌نامه به این صورت است که ابتدا در فصل اول، مبانی سیستم‌های فرایپهن باند، تاریخچه‌ی پیدایش و قوانین طیفی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. مزایا، کاربردها و روش‌های انتقال آنها نیز مورد بررسی قرار گرفته و در پایان فصل در مورد چالش‌های پیش روی سیستم‌های فرایپهن باند نظیر مصرف توان، تداخل باند باریک و انعطاف پذیری طیف بحث می‌شود.

در فصل دوم به صورت اختصاصی سیستم‌های فرآپهن باند تک باند بررسی می‌شوند و انواع روش‌های مدولاسیون، دمدولاسیون و تکنیک‌های دست‌یابی چندگانه‌ی آنها معرفی می‌شوند. فصل سوم به معرفی سیستم‌های فرآپهن باند چند باند و انواع پارامترهای آن و همچنین تشریح لایه‌ی فیزیکی آنها می‌پردازد. در فصل چهارم چگونگی طراحی پردازنده‌ی تبدیل فوریه‌ی سریع و ملاحظات مربوط به آن آورده شده است. در فصل پنجم نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در نتایج حاصل شده، مصرف توان کلی پردازنده‌ی تبدیل فوریه‌ی سریع $1/7$ میلی‌وات می‌باشد. همچنین طول زمانی آن در حدود 24 نانوثانیه می‌باشد.

فصل اول

مقدمه‌ای بر سیستم‌های فرایه‌ن باند

۱-۱- مقدمه

در سال‌های اخیر سرعت پردازش و حافظه‌ی کامپیوترها و پردازنده‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این امر پیاده‌سازی تجهیزات مخابراتی محقق می‌سازد که قابلیت انتقال حجم بالای اطلاعات با سرعت بالا دارند. یکی از چالش‌های علمی که در حال حاضر تحقیقات مهمی را به خود اختصاص داده است، مربوط به انتقال داده با سرعت خیلی بالا در فواصل کوتاه می‌باشد. در آینده- ای نزدیک ارتباط دیجیتال وسایل مخابراتی خانگی از سیگنال‌های سرعت بالا مثل سیگنال‌های تلویزیون با وضوح بالا^۱ (HDTV) تا سیگنال‌های سرعت پایین تحت یک شبکه‌ی بی‌سیم دیجیتال با هم در ارتباط خواهند بود. چنین شبکه‌ی خانگی نیازمند نرخ بالای اطلاعات و مصرف توان خیلی پایین می‌باشد. تکنولوژی فرایه‌ن باند^۲ (UWB) با پهنا‌ی باند بسیار بزرگ خود گزینه‌ای ایده‌آل برای سیستم‌های مخابراتی مذکور می‌باشد.

^۱ High Definition TV

^۲ Ultra Wide Band

۲-۱- سیر و تکامل تاریخی UWB

مفهوم UWB اولین بار در دهه‌ی ۶۰ میلادی در تحقیقات امواج الکترومغناطیس در حوزه‌ی زمان مطرح شد، در زمانی که تکنیک‌های اندازه‌گیری ضربه^۱ برای توصیف رفتار گذرای دسته‌ای مشخص از شبکه‌های میکروویوی به کار گرفته می‌شدند [۱]. در همان دهه‌ی ۶۰ تکنیک‌های اندازه‌گیری ضربه برای طراحی اجزای آنتن‌های باند پهن به کار برده شد، که همین امر موجب توسعه‌ی رادارها و سیستم‌های مخابراتی پالس کوتاه شد. در سال ۱۹۷۳ اولین اختراع مخابراتی UWB برای یک گیرنده‌ی پالس کوتاه به ثبت رسید [۲]. در دهه‌ی ۸۰ میلادی UWB با عنوان‌هایی همچون تکنولوژی باند پایه، بدون حامل^۲ و ضربه بیان می‌شد. عبارت UWB اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط وزارت دفاع آمریکا به این سیستم‌ها اطلاق شد. در سال ۱۹۸۹ تئوری UWB، تکنیک‌ها و روش‌های پیاده‌سازی متعدد برای کاربردهای مختلفی همچون رادار، ارتباطات، سیستم اجتناب از تصادف اتومبیل‌ها^۳، سیستم‌های مکان‌یابی^۴، سنسورهای تشخیص سطح مایعات^۵ و ارتفاع‌سنجی توسعه داده شدند. با این وجود تا آن زمان بسیاری از کاربردهای مختلف در زمینه‌ی UWB یا در قسمت نظامی انجام می‌شد و یا توسط دولت آمریکا در برنامه‌های مختلف مورد پژوهش قرار می‌گرفت. در اواخر دهه‌ی ۹۰ جنبه‌های تجاری تکنولوژی UWB بیشتر شد و توسعه‌ی آن سرعت بیشتری به خود گرفت. در سال ۲۰۰۲ یک تغییر قابل توجه در تاریخچه‌ی UWB اتفاق افتاد. در این زمان کمیسیون ارتباطات فدرال^۶ (FCC) ایالات متحده‌ی آمریکا اولین قوانین مربوط به UWB را وضع کرد. در این اساسنامه محدودیت‌های مربوط به میزان توان تشعشعی سیگنال‌های UWB و همچنین محدوده‌ی فرکانسی بدون مجوز برای تشعشع سیگنال‌های UWB بیان شد [۳].

۳-۱- طیف UWB

بر طبق قوانین FCC به هر سیستمی که پهنای باند نسبی بیش از ۰/۲ یا پهنای باند کلی بیش از ۵۰۰ مگاهرتز داشته باشد، UWB گویند. پهنای باند نسبی به صورت B/f_c تعریف می‌شود که در آن $B = f_H - f_L$ پهنای باند ۱۰- دسی بل را نشان می‌دهد و $f_c = (f_H + f_L)/2$ بیان کننده‌ی فرکانس مرکزی خواهد بود. در این جا f_L و f_H به ترتیب فرکانس‌های ۱۰-

¹ Impulse

² Carrier-Free

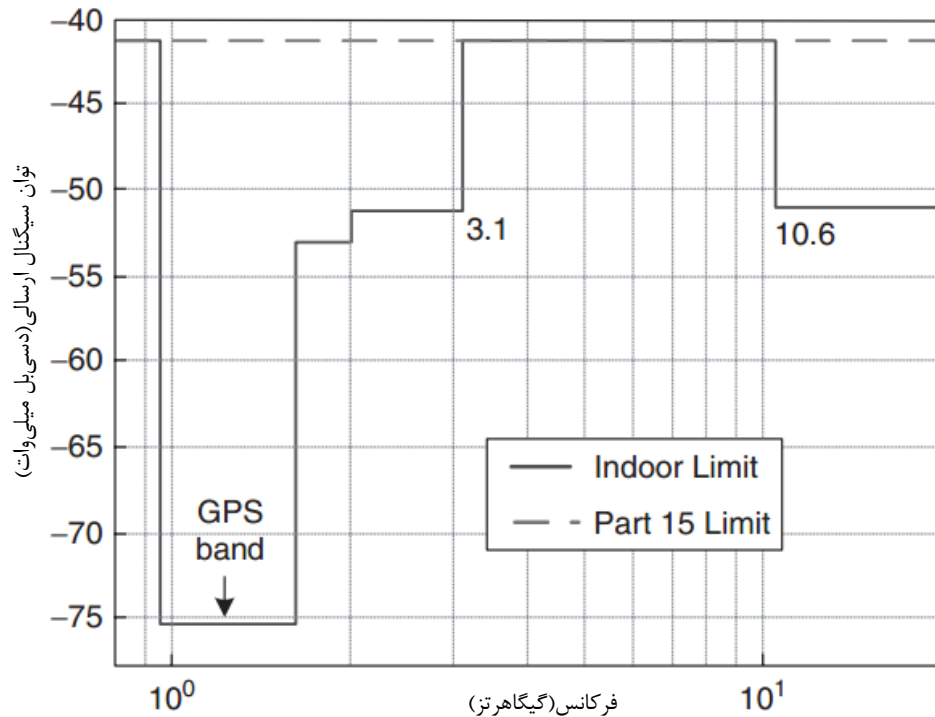
³ Automobile Collision Avoidance

⁴ Positioning Systems

⁵ Liquid Level Sensors

⁶ Federal Communicatins Commission

دسی‌بل بالا و پایین هستند. بر مبنای این تعریف، سیستم‌های UWB با فرکانس مرکزی بیش از ۲/۵ گیگاهرتز، باید حداقل ۵۰۰ مگاهرتز پهنای باند ۱۰- دسی‌بل داشته باشند. FCC اجازه می‌دهد که انتقال رادیویی UWB فقط در محدوده‌ی فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز انجام شود. در این محدوده، چگالی طیف توان^۱ (PSD) آن باید طوری باشد که در سیستم‌های مخابراتی دیگر تداخل ایجاد نکند. در شکل (۱-۱) محدوده‌ی فرکانسی مجاز UWB برای ارتباطات خانگی تحت بند ۱۵ قوانین FCC نشان داده شده است. بر اساس این قانون، PSD یک سیگنال UWB که در پهنای باند ۱ مگاهرتز اندازه گرفته می‌شود، نباید از ۴۱/۳- دسی‌بل میلی‌وات تجاوز کند. با رعایت این قانون، تداخل در سیستم‌های رادیویی به صورت موفقیت آمیزی کنترل می‌شود. به خصوص برای باندهای حساسی مثل باند سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۲ (GPS) که در محدوده‌ی ۰/۹۶ تا ۱/۶۱ گیگاهرتز کار می‌کند، PSD باید بیشتر محدود شود.



شکل ۱-۱- محدوده‌ی طیفی مجاز UWB برای ارتباطات خانگی

همان‌طور که در شکل (۲-۱) ملاحظه می‌شود، طیف UWB می‌تواند با طیف سیستم‌های باند باریک موجود هم‌پوشانی داشته باشد که به دلیل اینکه توان سیگنال UWB به اندازه‌ی کافی ضعیف می‌باشد، تداخل بسیار کم اثر خواهد بود. اگرچه در حال

^۱ Power Spectral Density

^۲ Global Positioning System