



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات - گرایش موج

## طراحی و ساخت حذف باند در آنتن‌های UWB با استفاده از ساختارهای DGS

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر سید عبدالله میرطاهری

استاد مشاور:

سرکار خانم دکتر سمیه چمانی

دانشجو:

سید هاشم رمضان نیا طلوتی

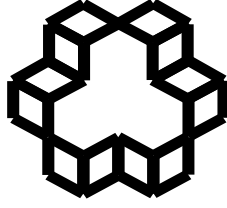
زمستان ۱۳۹۰

صلى الله عليه وسلم

تقدیم به خانواده‌ی مهربان

و

دوستان عزیزم



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده مهندسی برق

تأییدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان

طراحی و ساخت حذف باند در آنتن‌های UWB با استفاده از ساختارهای DGS

توسط آقای سیدهاشم رمضان نیا طلوتی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: مهندسی مخابرات گرایش: موج مورد تأیید قرار می‌دهند.

- |       |                                     |                   |
|-------|-------------------------------------|-------------------|
| امضاء | جناب آقای دکتر سید عبدالله میرطاهری | ۱. استاد راهنما:  |
| امضاء | سرکارخانم دکتر سمیه چمانی           | ۲. استاد مشاور:   |
| امضاء | جناب آقای دکتر احد توگلی            | ۳. اساتید ارزیاب: |
| امضاء | جناب آقای دکتر سیدآرش احمدی         |                   |

## بسمه تعالی

اظهارنامه

اینجانب سیدهاشم رمضان‌نیا طلوتی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مخابرات گرایش موج دانشکده‌ی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان نامه با عنوان:

**" طراحی و ساخت جهت حذف باند در آنتن‌های UWB با استفاده از ساختارهای DGS "**

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر سید عبدالله میرطاهری توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

## تشر و قدردانی

در آغاز مراتب قدردانی و سپاس خود را از زحمات استاد محترم، جناب آقای دکتر میرطاهری، در طی دوران تحصیل و انجام پروژه‌ام و استاد مشاور، سرکار خانم دکتر سمیه چمانی اعلام می‌دارم. همچنین از سرکار خانم فیروزه خواجه میرزایی به خاطر راهنمایی‌شان سپاس گزارم.

## چکیده

امروزه تکنولوژی UWB<sup>1</sup> یکی از پرکاربردترین بخش‌های مخابرات محسوب می‌شود. در محدوده‌ی فرکانسی UWB، ۳/۱-۱۰/۶ گیگاهرتز، حضور باندهای دیگری نظیر شبکه‌های محلی بی‌سیم، WLAN، با فرکانس‌های مرکزی ۵/۲GHz (۵۳۵۰-۵۱۵۰MHz) و ۵/۸GHz (۵۸۲۵-۵۷۲۵MHz) و سیستم‌های WiMAX و C-band با فرکانس مرکزی ۳/۹۵GHz (۳۷۰۰-۴۲۰۰MHz) ممکن است باعث ایجاد تداخل با عملکرد UWB شوند. بنابراین نیاز است آنتن‌های UWB به گونه‌ای طراحی شوند که تداخلی با بازه‌های فرکانسی که مختص تکنولوژی‌های دیگر است، نداشته باشند. با توجه به اینکه امکان پیاده‌سازی قابلیت حذف‌باند در برخی آنتن‌های پرکاربرد UWB وجود ندارد و ایجاد این ویژگی در مقسم‌توان به کار رفته در شبکه‌ی تغذیه‌ی آنتن‌ها ساده‌تر است، در این پروژه به طراحی و ساخت مقسم‌توان مساوی فرایه‌ن‌باند ویلکینسون<sup>۲</sup> با قابلیت حذف‌باند می‌پردازیم.

در این پروژه ابتدا به تحلیل مقسم‌توان ویلکینسون پرداخته و با ارائه‌ی روشی کاملاً جدید، ساختار مدار را تا حد زیادی ساده می‌کنیم. سپس یک تقسیم‌کننده‌ی مساوی فرایه‌ن‌باند ۱ به ۴ برای ساخت، در نرم‌افزار CST MWS<sup>۳</sup> شبیه‌سازی می‌شود. جهت بهبود نتایج مقسم‌توان پارامترهای مختلف آن را بهینه می‌کنیم؛ به این ترتیب میزان ایزولاسیون دهانه‌های خروجی تقریباً بالاتر از ۱۲dB، میزان افت عبوری از دهانه ورودی به دهانه‌های خروجی حدود ۶dB و ضریب انعکاس مربوط به دهانه‌ی ورودی پایین‌تر از ۱۶dB- و برای سایر دهانه‌ها، حدوداً پایین‌تر از ۱۱dB- خواهد بود. بعد از این مرحله، قابلیت حذف‌باند با استفاده از DGS<sup>۴</sup>، به تقسیم‌کننده اضافه خواهد شد. با استفاده از دو نوع DGS در سه فرکانس ۳/۹۵، ۵/۲ و ۵/۸ گیگاهرتز، با پهنای ۰/۱ GHz و افت عبوری ۴۰ dB حذف‌باند ایجاد می‌کنیم. به این ترتیب تقسیم‌کننده با قابلیت حذف‌باند و مشخصه‌ی مورد نظر، طراحی و ساخته خواهد شد.

---

<sup>1</sup> Ultra Wide Band

<sup>2</sup> Wilkinson

<sup>3</sup> Computer simulation technology

<sup>4</sup> Defected Ground Structure

۱	..... مقدمه	۱
۳	..... فصل اول: جایگاه فن آوری فراپهن باند در سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم	۳
۵	..... مقدمه	۵
۵	..... ۱-۱ استانداردهای سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم و جایگاه UWB در آن	۵
۶	..... ۱-۱-۱ سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم برد کوتاه	۶
۹	..... ۲-۱ فن آوری فراپهن باند	۹
۹	..... ۱-۲-۱ تاریخچه سیستم UWB	۹
۱۲	..... ۲-۲-۱ مزایا و معایب سیستم UWB	۱۲
۱۲	..... ۱-۲-۲-۱ مزایای UWB	۱۲
۱۴	..... ۲-۲-۲-۱ معایب UWB	۱۴
۱۵	..... ۳-۲-۱ کاربردهای UWB	۱۵
۱۶	..... نتیجه‌گیری	۱۶
۱۷	..... فصل دوم: مقسم توان و لزوم استفاده از آن	۱۷
۱۹	..... مقدمه	۱۹
۱۹	..... ۱-۲ مقسم توان	۱۹
۲۰	..... ۱-۱-۲ لزوم استفاده از مقسم توان	۲۰
۲۱	..... ۲-۲ انواع مقسم توان	۲۱
۲۲	..... ۱-۲-۲ مقسم توان بدون افت	۲۲
۲۳	..... ۲-۲-۲ مقسم توان با تلفات	۲۳
۲۴	..... ۳-۲ مقسم توان ویلکینسون	۲۴
۲۴	..... ۱-۳-۲ تحلیل مقسم توان ویلکینسون در حالت کلی	۲۴
۲۹	..... ۲-۳-۲ تحلیل حالت زوج-فرد	۲۹
۳۴	..... ۳-۳-۲ مقسم توان با N دهانه‌ی خروجی	۳۴
۳۵	..... نتیجه‌گیری	۳۵
۳۷	..... فصل سوم: تحلیل مقسم توان و شبیه‌سازی مقسم توان مساوی ۱ به ۴	۳۷
۳۹	..... مقدمه	۳۹
۳۹	..... ۱-۳ محاسبه‌ی مقادیر مقسم توان مساوی ویلکینسون ۱ به ۲	۳۹
۴۲	..... ۱-۱-۳ یافتن مقادیر ادمیتانسی $Y_k$	۴۲
۴۴	..... ۲-۱-۳ یافتن مقادیر مقاومت‌ها $R_k$	۴۴
۴۵	..... ۲-۳ ساختار خط ریزنوارک	۴۵
۴۷	..... ۳-۳ طراحی و شبیه‌سازی مقسم توان	۴۷



۴۷	..... ۱-۳-۳ پارامترهای مطلوب در نتایج شبیه‌سازی مقسّم توان
۴۸	..... ۲-۳-۳ شبیه‌سازی مقسّم توان
۴۹	..... ۱-۲-۳-۳ شبیه‌سازی مقسّم توان مساوی ۱ به ۲، ۵۰ اهم به ۱۰۰ اهم
۵۳	..... ۲-۲-۳-۳ مقسّم توان ۱ به ۲، ۱۰۰ اهم به ۵۰ اهم
۵۶	..... ۳-۲-۳-۳ شبیه‌سازی مقسّم توان مساوی ۱ به ۴
۵۹	..... نتیجه‌گیری
۶۱	..... فصل چهارم: معرفی DGS و ایجاد قابلیت حذف باند در مقسّم توان
۶۳	..... مقدمه
۶۳	..... ۱-۴ ساختارهای واحد DGS و مدارهای معادل آن
۶۴	..... ۱-۱-۴ مدار معادل LC و محاسبه‌ی پارامترهای آن
۶۸	..... ۲-۱-۴ مدار معادل RLC و محاسبه‌ی پارامترهای آن
۶۹	..... ۳-۱-۴ مدار معادل $\pi$ شکل و محاسبه‌ی پارامترهای آن
۷۰	..... ۲-۴ اثرات ناشی از تغییرات $w/h$
۷۲	..... ۳-۴ ایجاد حذف باند با استفاده از DGS
۷۲	..... ۱-۳-۴ DGS حلزونی
۷۵	..... ۲-۳-۴ DGS به شکل U
۷۸	..... نتیجه‌گیری
۸۱	..... فصل پنجم: ساخت مقسّم توان بر اساس نتایج طراحی شده و نتایج اندازه‌گیری شده
۸۳	..... مقدمه
	..... ۱-۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقسّم توان با قابلیت حذف باند در فرکانس ۵/۲ گیگاهرتز به
۸۳	..... کمک DGS حلزونی
	..... ۲-۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقسّم توان با قابلیت حذف باند در فرکانس‌های ۳/۹۵، ۵/۲ و ۵/۸
۸۶	..... گیگاهرتز با استفاده از DGS به شکل U
۸۸	..... نتیجه‌گیری
۸۹	..... فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد
۹۱	..... ۱-۶ نتیجه‌گیری
۹۱	..... ۲-۶ پیشنهاد
۹۳	..... مراجع

۶	شکل (۱-۱) استانداردهای سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم بر حسب برد کارکرد و سرعت انتقال داده ...
۸	شکل (۲-۱) محدوده‌ی کار سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم با اعمال برخی محدودیت‌ها .....
۸	شکل (۳-۱) کانال‌ها و گروه‌های فرکانسی UWB در سیستم multi-carrier .....
۹	شکل (۴-۱) مقایسه پهنای نسبی و طیف چگالی توان .....
۱۰	شکل (۵-۱) روند پیشرفت سیستم UWB تا سال ۲۰۰۱ .....
۱۵	شکل (۶-۱) تداخل بین سیستم UWB و سیستم باندباریک IEEE802.11 .....
۲۰	شکل (۱-۲) آرایه آنتن‌های تغذیه شده با مقسّم توان ۴-۱ .....
۲۲	شکل (۲-۲) مقسّم توان و مدل خط انتقال آن .....
۲۳	شکل (۳-۲) تقسیم کننده مساوی توان با تلفات .....
۲۵	شکل (۴-۲) مقسّم توان ویلکینسون .....
۲۶	شکل (۵-۲) مدل دو قطبی شبکه در شرایط ختم شدن دهانه‌ی ۱ به بار $Z_0$ و تحریک دهانه‌ی ۲ و ۳
۲۷	شکل (۶-۲) مدار معادل شکل (۵-۲)، با حذف مقاومت میانی و اتصال کوتاه شدن دهانه‌ی ۳ .....
۲۹	شکل (۷-۲) مقسّم توان ویلکینسون و معادل خط انتقال آن .....
۳۰	شکل (۸-۲) مقسّم توان ویلکینسون در حالت متقارن و نرمالیزه .....
۳۰	شکل (۹-۲) نیم‌بخشی از مدار شکل (۸-۲)، تحریک در حالت زوج .....
۳۲	شکل (۱۰-۲) نیم‌بخشی از مدار شکل (۸-۲)، تحریک در حالت فرد .....
۳۳	شکل (۱۱-۲) مقسّم ویلکینسون و مدار معادل آن جهت یافتن پارامتر $S_{11}$ .....
۳۴	شکل (۱۲-۲) مقسّم توان ویلکینسون با N دهانه‌ی خروجی .....
	شکل (۱-۳) الف) مدل کلی مدار چند بخشی سه دهانه و ب) حالت خاصی از مدار که در آن
۴۰	بارهای میانی اتصال کوتاه ( صفر اهم) یا مدار باز (بی‌نهایت اهم) شده‌اند .....
	شکل (۲-۳) نیم‌مدار ساده شده الف) مود زوج، مدل امپدانس ب) مود فرد، مدل امپدانس ج)
۴۱	مود زوج، مدل ادمیتانس د) مود فرد، مدل ادمیتانس .....
۴۳	شکل (۳-۳) حالت کلی ضرایب بازتاب با تموج یکسان در حالت دو طبقه .....
۴۳	شکل (۴-۳) مدار شکل (۳-۲) الف) در حالت دو بخشی .....
۴۵	شکل (۵-۳) خط ریزنوارک a) مدل خط b) نحوه‌ی توزیع میدان الکتریکی و مغناطیسی .....
	شکل (۶-۳) معادل خط ریزنوارک با تقریب شبه TEM، با جایگزینی دی‌الکتریک با ثابت دی-
۴۶	الکتریک، $\epsilon_r$ ، به جای زیرلایه و هوای بالایی .....
۴۹	شکل (۷-۳) نحوه‌ی اتصال دو خط با امپدانس ۱۰۰ اهم به یک خط با امپدانس ۵۰ اهم .....
۵۰	شکل (۸-۳) سیگنال اعمالی به دهانه‌ی ورودی .....
۵۰	شکل (۹-۳) توزیع میدان الکتریکی در خط ریزنوارک در دهانه‌ی ورودی .....
۵۰	شکل (۱۰-۳) توزیع میدان مغناطیسی در خط ریزنوارک در دهانه‌ی ورودی .....

- شکل (۱۱-۳) مقسّم توان مساوی ۱ به ۲، ۵۰ اهم به ۱۰۰ اهم ..... ۵۱
- شکل (۱۲-۳) تغییرات ضرایب انتقال از دهانه‌ی ۱ به دهانه‌های خروجی و برعکس بر حسب دسی-بل نسبت به فرکانس ..... ۵۱
- شکل (۱۳-۳) تغییرات فاز ضرایب انتقال نسبت به فرکانس ..... ۵۲
- شکل (۱۴-۳) تغییرات ضرایب انعکاس دهانه‌ی ورودی بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۲
- شکل (۱۵-۳) تغییرات VSWR برای دهانه‌ی ورودی نسبت به فرکانس ..... ۵۲
- شکل (۱۶-۳) ساختار شبیه سازی شده‌ی یک مقسّم توان ۱ به ۲، ۱۰۰ اهم به ۵۰ اهم با سه طبقه-ی تطبیق ..... ۵۳
- شکل (۱۷-۳) تغییرات ضرایب انتقال از دهانه‌ی ۱ به دهانه‌های خروجی و برعکس بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۴
- شکل (۱۸-۳) تغییرات فاز ضرایب انتقال نسبت به فرکانس ..... ۵۴
- شکل (۱۹-۳) تغییرات ضرایب انعکاس دهانه‌ها بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۵
- شکل (۲۰-۳) ایزولاسیون دهانه‌های خروجی مقسّم توان ویلکینسون بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۵
- شکل (۲۱-۳) تغییرات VSWR برای دهانه‌ها نسبت به فرکانس ..... ۵۵
- شکل (۲۲-۳) نمودار خطی تغییرات پارامترهای پراکندگی نسبت به فرکانس ..... ۵۶
- شکل (۲۳-۳) طرح شبیه‌سازی شده‌ی مقسّم مساوی توان ۱ به ۴ ..... ۵۶
- شکل (۲۴-۳) توزیع جریان سطحی در مقسّم توان در حالت تحریک مود فرد ..... ۵۷
- شکل (۲۵-۳) توزیع جریان سطحی در مقسّم توان در حالت تحریک مود زوج ..... ۵۷
- شکل (۲۶-۳) تغییرات ضرایب انتقال از دهانه‌ی ۱ به دهانه‌های خروجی بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۷
- شکل (۲۷-۳) تغییرات فاز ضرایب انتقال نسبت به فرکانس ..... ۵۸
- شکل (۲۸-۳) تغییرات ضرایب انعکاس دهانه‌ها بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۸
- شکل (۲۹-۳) تغییرات VSWR نسبت به فرکانس ..... ۵۸
- شکل (۳۰-۳) تغییرات ایزولاسیون دهانه‌ها بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس ..... ۵۹
- شکل (۱-۴) برخی از ساختارهای معمول واحد DGS ..... ۶۴
- شکل (۲-۴) ساختارهای متناوب افقی و عمودی واحد DGS، (a) ساختار افقی، (b) ساختار عمودی ... ۶۴
- شکل (۳-۴) یک نمونه فیلتر ساخته شده با استفاده از سه واحد DGS ..... ۶۴
- شکل (۴-۴) یک DGS با یک واحد قلم‌کاری شده روی سطح زمین ..... ۶۵
- شکل (۵-۴) مدار معادل LC واحد DGS ..... ۶۵
- شکل (۶-۴) نمودار مربوط به پارامترهای S برای یک DGS ساده بر حسب فرکانس ..... ۶۶
- شکل (۷-۴) مقادیر پارامترهای S بدست آمده برای پارامترهای مدار معادل بر حسب فرکانس ..... ۶۷
- شکل (۸-۴) مدار معادل RLC یک واحد DGS ..... ۶۸

۶۹	..... شکل (۹-۴) مدار معادل $\pi$ شکل یک واحد DGS
۷۰	..... شکل (۱۰-۴) اثرات ناشی از تغییرات $w/h$ روی پاسخ فرکانسی مدار معادل
۷۱	..... شکل (۱۱-۴) نمودار مربوط به میزان تضعیف در قطب فیلتر بر حسب تغییرات $w/h$
۷۱	..... شکل (۱۲-۴) تغییرات میزان تیزی پاسخ فرکانسی فیلتر در باند گذر بر حسب تغییرات $w/h$
۷۲	..... شکل (۱۳-۴) DGS حلزونی با پارامترهای ساختاری آن
۷۳	..... شکل (۱۴-۴) مشخصه‌ی انتقالی DGS حلزونی نسبت به فرکانس
۷۳	..... شکل (۱۵-۴) مقسم توان مساوی ویلکینسون ۱ به ۴ با دو DGS حلزونی
۷۴	..... شکل (۱۶-۴) نمودار تغییرات پارامترهای پراکندگی نسبت به فرکانس بر حسب دسی بل
۷۴	..... شکل (۱۷-۴) نمودار تغییرات ضرایب انتقال دهانه‌ی ورودی نسبت به فرکانس بر حسب دسی بل ...
۷۴	..... شکل (۱۸-۴) نمودار تغییرات VSWR مربوط به دهانه‌ی ورودی نسبت به فرکانس
۷۵	..... شکل (۱۹-۴) DGS به شکل U با پارامترهای ساختاری آن
۷۶	..... شکل (۲۰-۴) مشخصه‌ی انتقالی DGS به شکل U نسبت به فرکانس
۷۷	..... شکل (۲۱-۴) مقسم توان مساوی ویلکینسون ۱ به ۴ با سه DGS به شکل U
۷۷	..... شکل (۲۲-۴) نمودار تغییرات پارامترهای پراکندگی نسبت به فرکانس بر حسب دسی بل
۷۷	..... شکل (۲۳-۴) نمودار تغییرات ضرایب انتقال دهانه‌ی ورودی نسبت به فرکانس بر حسب دسی بل ...
۷۸	..... شکل (۲۴-۴) نمودار تغییرات VSWR مربوط به دهانه‌ی ورودی نسبت به فرکانس
۸۳	..... شکل (۱-۵) نمایی از صفحه‌ی بالایی مقسم توان
	..... شکل (۲-۵) نمایی از صفحه‌ی زمین به همراه ساختار DGS حلزونی و شکل DGS همراه با
۸۴	..... بزرگنمایی
	..... شکل (۳-۵) مهمترین پارامترهای پراکندگی مد نظر، بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس (شبهه- سازی شده و اندازه‌گیری شده)
۸۵	..... شکل (۴-۵) تغییرات ضرایب انعکاس دهانه‌های خروجی بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس
۸۵	..... شکل (۵-۵) تغییرات ضرایب انعکاس برخی دهانه‌ها بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس
۸۶	..... شکل (۶-۵) نمایی از صفحه‌ی بالایی مقسم توان
۸۶	..... شکل (۷-۵) نمایی از صفحه‌ی زمین به همراه ساختار DGS به شکل U
	..... شکل (۸-۵) مهمترین پارامترهای پراکندگی مد نظر، بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس (شبهه- سازی شده و اندازه‌گیری شده)
۸۷	..... شکل (۹-۵) تغییرات ضرایب انعکاس دهانه‌های خروجی بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس
۸۷	..... شکل (۱۰-۵) تغییرات ضرایب انعکاس برخی دهانه‌ها بر حسب دسی بل نسبت به فرکانس

۱۳	جدول (۱-۱) مقایسه‌ای بین سرعت UWB و سرعت دیگر استانداردهای با کابل و بی‌سیم .....
	جدول (۱-۳) پارامترهای بدست آمده جهت طراحی مقسّم توان ویلکینسون ۱ به ۲، ۱۰۰ اهم به
۵۳	..... ۵۰ اهم
۷۱	جدول (۱-۴) نتایج حاصل از آزمایشات مربوط به پارامترهای مدار معادل .....
۷۳	جدول (۲-۴) پارامترهای ساختاری DGS .....
۷۶	جدول (۳-۴) پارامترهای ساختاری DGS .....
۷۶	جدول (۴-۴) برخی از خصوصیات حذف باندهای ایجاد شده با استفاده از DGS به شکل U .....
۷۸	جدول (۵-۴) مقایسه‌ای بین دو نوع ساختار DGS بکار گرفته شد برای ایجاد حذف باند .....

## مقدمه

در این پروژه به طراحی، شبیه‌سازی و ساخت مقسم توان مساوی ۱ به ۴ فرآپهن‌باند ویلکینسون با قابلیت حذف باند، می‌پردازیم.

در فصل اول، با اشاره به جایگاه UWB در سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم، به معرفی تکنولوژی فرآپهن باند، مزایا، معایب و کاربردهای آن خواهیم پرداخت.

در فصل دوم، پس از بیان لزوم استفاده از مقسم توان، به تحلیل مقسم توان در حالت مختلف می‌پردازیم. در ادامه تحلیل رفتار کلی مقسم توان ویلکینسون ارائه می‌شود.

در فصل سوم، با توجه به توضیحات و تحلیل‌های مقسم توان ویلکینسون در فصل دوم، به طراحی مقسم توان ویلکینسون چندبخشی با ساختار ریزنوارک می‌پردازیم. در ابتدا به طراحی و یافتن پارامترهای مورد نیاز پرداخته، سپس توضیح مختصری راجع به توزیع میدان و ساختار خط ریزنوارک خواهیم داشت. با ارائه‌ی یک روش جدید، ساختار کلی را ساده خواهیم ساخت. در ادامه با استفاده از پارامترهای بدست آمده جهت طراحی، تقسیم‌کننده توان با استفاده از نرم‌افزار CST MWS<sup>۱</sup> شبیه‌سازی شده و نتایج مربوط به آن ارائه خواهد شد.

در فصل چهارم، با معرفی ساختارهای DGS، با استفاده از دو نوع DGS در سه فرکانس ۳/۹۵، ۵/۲ و ۵/۸ گیگاهرتز، حذف باند ایجاد می‌کنیم. سپس نتایج شبیه‌سازی مقسم‌توان با این ویژگی را بدست می‌آوریم. و در پایان مقایسه‌ای بین DGS‌های مورد استفاده خواهیم داشت.

در فصل پنجم، با استفاده از نتایج بدست آمده از تحلیل و طراحی، مقسم‌توان مساوی فرآپهن‌باند ویلکینسون با قابلیت حذف باند ساخته شده، نتایج حاصل از اندازه‌گیری آن، ارائه می‌شود. در نهایت، در فصل آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه خواهد شد.

---

<sup>۱</sup> Computer simulation technology microwave studio

# فصل اول

جایگاه فن آوری فراپهن باند

»

سیستم های ارتباطی بی سیم

## مقدمه

امروزه سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم<sup>۱</sup>، کاربردهای فراوانی از قبیل انتقال داده، ارتباط بی‌سیم کامپیوترهای شخصی، تشخیص و درمان بیماری‌ها، اتوماسیون و... دارند. در ابتدا، تکنولوژی ارتباط بی‌سیم، غالباً برای اهداف نظامی بکار می‌رفت. بعدها این کاربردها با حضور رادیوها و تلفن‌های همراه، عمومی‌تر شد. در یک دوره‌ی زمانی کوتاه صنعت وابسته به تکنولوژی ارتباط بی‌سیم روز به روز با ارائه‌ی خدمات و تکنولوژی‌های بیشتر و کاربردی‌تر، جایگاه مهمی در زندگی انسان‌ها به خود اختصاص داده است.

موضوع مهمی که در سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم مطرح است، میزان سرعت انتقال داده می‌باشد که بشر همواره به دنبال دستیابی به سرعت‌های بالای انتقال داده بوده است. امروزه در این زمینه، تکنولوژی فرایپهن باند (UWB) توانسته است انتقال داده با سرعت حدود ۵۰۰ مگا بیت بر ثانیه<sup>۲</sup> را برآورده سازد. در این فصل با اشاره به جایگاه UWB در سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم، به معرفی تکنولوژی فرایپهن باند، مزایا، معایب و کاربردهای آن خواهیم پرداخت.

## ۱-۱ استانداردهای سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم و جایگاه UWB در آن

سیر تکاملی تکنولوژی بی‌سیم، بالا رفتن استانداردهای بی‌سیم را مستلزم شده است. این استانداردها را می‌توان به دو دسته‌ی کلی استانداردهای برد وسیع<sup>۳</sup> (مانند سیستم ارتباط تلفن همراه (GSM<sup>۴</sup>)) و استانداردهای برد کوتاه<sup>۵</sup> (مانند بلوتوث) تقسیم بندی کرد. در استاندارد برد وسیع، سرعت انتقال داده از چندصد کیلوبیت بر ثانیه<sup>۶</sup> برای سیستم‌های نسل دوم<sup>۷</sup> تا ده‌ها مگابیت بر ثانیه برای سیستم‌های نسل سوم<sup>۸</sup>، متغیر است. سرعت‌های بالاتر انتقال داده در استاندارد برد کوتاه مانند بلوتوث، IEEE 802.11a/g و فن

<sup>1</sup> Wireless communication technology

<sup>2</sup> Mbit/s

<sup>3</sup> Global-range standards

<sup>4</sup> Global System for Mobile communication

<sup>5</sup> Short-range standards

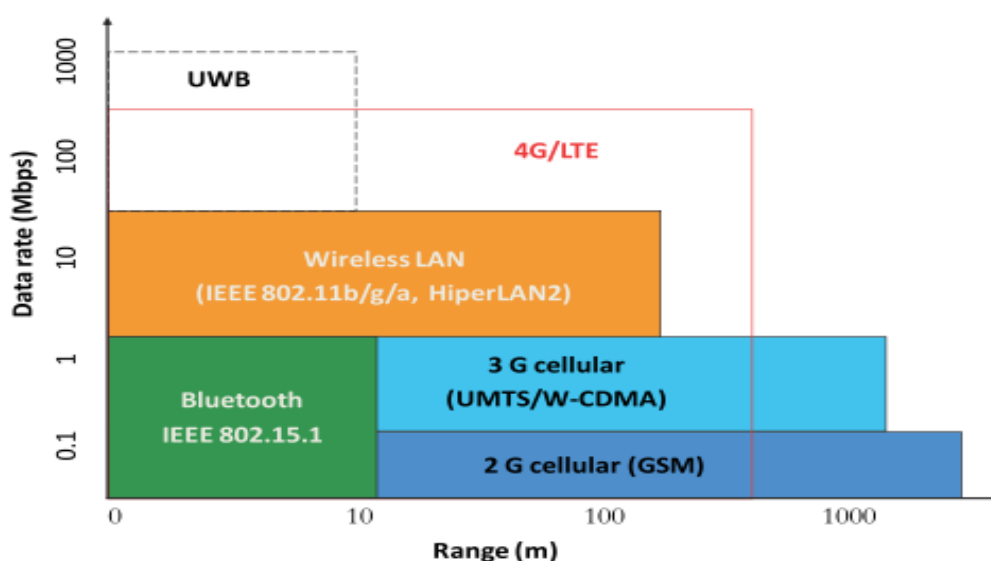
<sup>6</sup> Kbit/s

<sup>7</sup> Second generation (2G) devices

<sup>8</sup> Third generation (3G) devices



آوری فرایه‌ن باند (UWB) قابل دستیابی است [۱]. در شکل (۱-۱) این استانداردها بر حسب برد کارکرد و سرعت انتقال داده آمده است.



شکل (۱-۱) استانداردهای سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم بر حسب برد کارکرد و سرعت انتقال داده [۱]

### ۱-۱-۱ سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم برد کوتاه

به دلیل اهمیت سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم برد کوتاه، به معرفی بیشتر آن می‌پردازیم. علاوه بر مصارف داخلی و خانگی، دیگر مشخصه‌های اصلی این سیستم‌ها، مصرف انرژی کم<sup>۱</sup> و برد انتقال کوتاه حدود چندین متر تا چند صد متر می‌باشد. برخی از استانداردها و مقررات این سیستم‌ها عبارتند از:

- IEEE 802.11a/b/g (Wi-Fi)
- HiperLAN2
- Bluetooth
- ZigBee, IEEE 802.15.4
- Ultra-Wideband (UWB)

IEEE 802.11 یک شبکه‌ی بی‌سیم محلی (WLAN)<sup>۲</sup> برای انتقال داده با سرعت‌های مختلف است. در سال ۱۹۹۷ توسط IEEE<sup>۳</sup> تولید شد و شامل زیربخش‌های ذیل است [۲].

▪ 802.11a: در باند فرکانسی ۵ GHz با استفاده از تکنیک OFDM<sup>۴</sup> و با حداکثر سرعت انتقال داده‌ی ۵۴ Mbit/s کار می‌کند.

<sup>۱</sup> Low-power consumption

<sup>۲</sup> Wireless Local Area Network

<sup>۳</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers

<sup>۴</sup> Orthogonal Frequency-Division Multiplexing

- 802.11b: در باند فرکانسی ۲/۴ GHz بر پایه‌ی تکنیک DSSSS<sup>۱</sup> و با سرعت انتقال داده‌ی ۱۱ Mbit/s کار می‌کند.
  - 802.11g: ترکیبی از دو استاندارد 802.11a و 802.11b است که بر پایه‌ی تکنیک OFDM و با سرعت انتقال داده‌ی ۵۴ Mbit/s در باند فرکانسی ۲/۴ GHz کار می‌کند.
  - 802.11n: جدیدترین استاندارد IEEE 802.11 است که با استفاده از تکنیک MIMO<sup>۲</sup> استاندارد 802.11g را بهبود بخشیده است و در باند فرکانسی ۵ GHz با سرعت انتقال داده‌ی ۳۰۰ Mbit/s کار می‌کند.
- HiperLAN<sup>۳</sup> معادل استاندارد 802.11a است که توسط ETSI<sup>۴</sup> در اروپا اعمال شده است و در باند فرکانسی ۵ GHz برای WLAN کار می‌کند [۳].
- Bluetooth یک تکنولوژی کم هزینه و کم مصرف است که به طور وسیعی در WPAN<sup>۵</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرد. بلوتوث آمده است تا جای سیم‌های ارتباطی در وسایل مختلف از قبیل: پرینترها، هدفون‌ها، سیم‌های ارتباط بین کامپیوترهای شخصی، کیبوردها و موس‌ها و... را بگیرد [۴]. در باند فرکانسی ۲/۴ GHz صنعتی، علمی، پزشکی (ISM<sup>۶</sup>) کار می‌کند. شامل چندین دسته با بردهای بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر است. دارای ماکزیمم سرعت انتقال داده‌ی ۳ Mbit/s است.
- ZigBee (IEEE 802.15.4) تکنولوژی کم مصرف و کم هزینه‌ای برای WLAN های سرعت پایین (LR-WLAN<sup>۷</sup>) و شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN<sup>۸</sup>) است. یک شبکه‌ی ZigBee معمولا با باتری تغذیه می‌شود. در طیف فرکانسی ۲/۴ GHz کار می‌کند و ماکزیمم سرعت انتقال داده‌ی آن ۲۵۰ Kbit/s است [۵].
- تکنولوژی UWB برای اولین بار در آمریکا به عنوان یک تکنولوژی کم مصرف برای کاربرد خانگی مطرح شد. در باند فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز کار می‌کند. UWB در ابتدا برای WPAN مورد توجه قرار گرفت [۶].

<sup>1</sup> Direct-sequence Spread Spectrum Systems

<sup>2</sup> Multiple-Input Multiple-Output

<sup>3</sup> High Performance Radio Local Area Network

<sup>4</sup> European Telecommunication Standard Institute

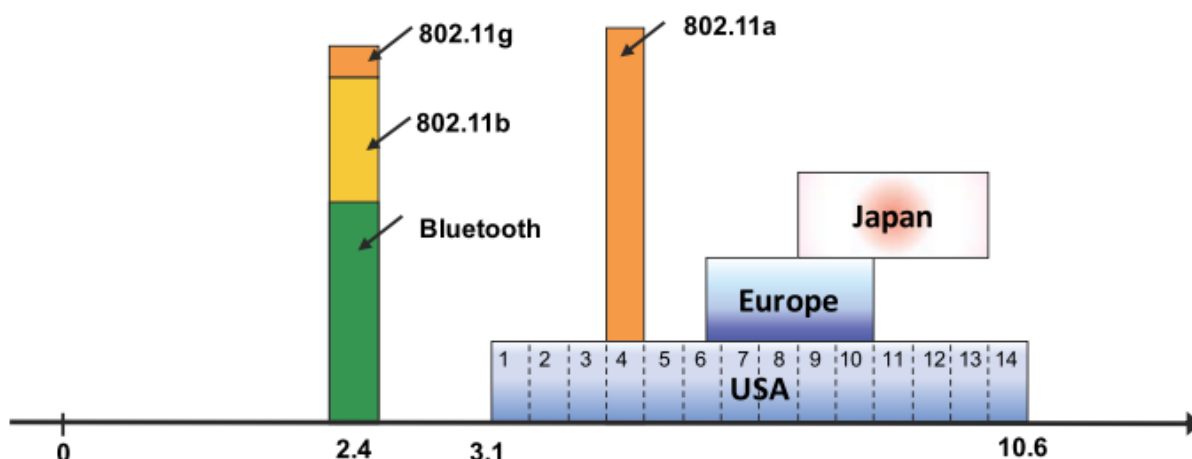
<sup>5</sup> Wireless Personal Area Network

<sup>6</sup> Industrial, Scientific and Medical

<sup>7</sup> Low-Rate WPAN

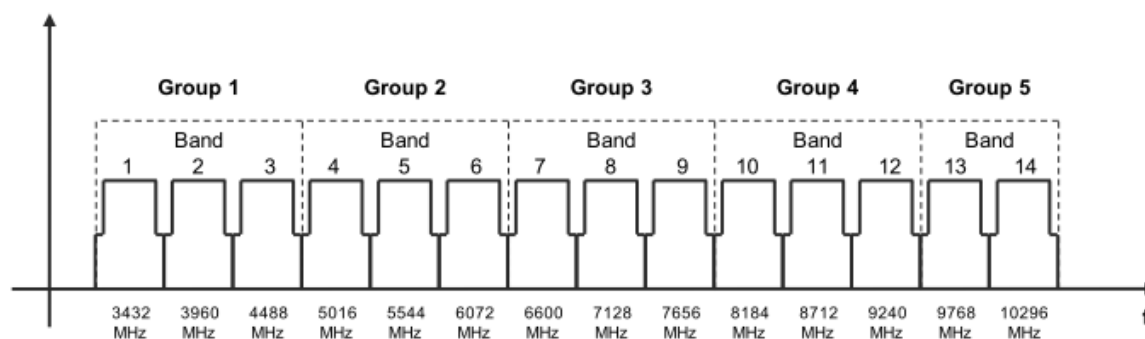
<sup>8</sup> Wireless Sensor Networks

در اروپا، آسیا و ژاپن محدودیت‌های دیگری مانند LDC<sup>۱</sup> و DAA<sup>۲</sup> برای جلوگیری از تداخل با شبکه‌هایی (با پهنای باریک) که در بازه فرکانسی GHz ۳/۱ تا GHz ۴/۸ وجود دارند، اعمال شده است. این محدودیت‌ها موجب شده است تا باند فرکانسی UWB که در آن بطور آزاد انتقال داده، داشته باشیم، کمتر شود. در شکل (۲-۱) محدوده‌ی کار سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم با اعمال این محدودیت‌ها نشان داده شده است [۷]، [۸].



شکل (۲-۱) محدوده‌ی کار سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم با اعمال برخی محدودیت‌ها [۱]

از دیدگاه نحوه‌ی انتقال داده، یک دسته‌بندی کلی می‌تواند carrier-based UWB و carrier-free UWB باشد. در carrier-free UWB که impulse-radio UWB نیز نامیده می‌شود، سیگنال به صورت پالس‌های کوتاه با شکل خاص تولید شده و کل بازه‌ی تخصیص داده شده را در بر می‌گیرند. carrier-based UWB می‌تواند به دو صورت single-carrier و multi-carrier محقق شود [۹]. در سیستم multi-carrier بازه‌ی فرکانس UWB به ۱۴ کانال با پهنای ۵۲۸ MHz و در ۵ گروه تقسیم می‌شود [۱۰] که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱) کانال‌ها و گروه‌های فرکانسی UWB در سیستم multi-carrier [۱]

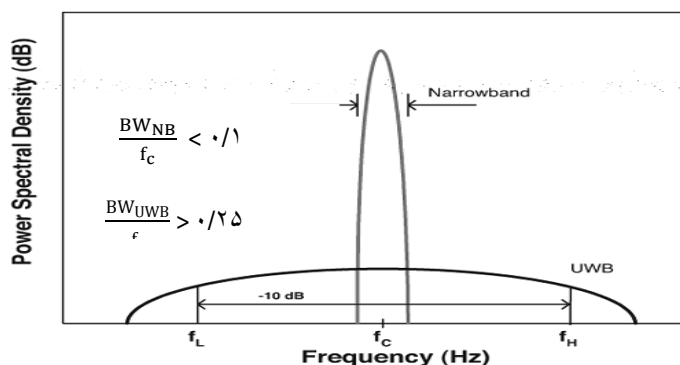
<sup>۱</sup> Low Duty Cycle

<sup>۲</sup> Detect and Avoid

## ۱-۲ فن آوری فرایه‌ن‌بند

UWB به سیستم بی‌سیم با پهنای باند خیلی وسیع اطلاق می‌شود. پهنای باند می‌تواند به صورت نسبی یا مطلق تعریف شود. نسبت پهنای باند اشغال شده توسط سیگنال، به فرکانس مرکزی سیگنال، پهنای باند نسبی گفته می‌شود. سیستم‌های مرسوم معمولاً پهنای باند نسبی کمتر از  $0/1$  دارند. در سیستم‌های باند وسیع  $^1$ CDMA این نسبت تقریباً به  $0/2$  می‌رسد. درحوزه‌ی رادار و مخابرات به هر سیگنال که دارای پهنای باند نسبی (اندازه‌گیری شده در نقاط  $-3$  dB) بزرگتر از  $0/25$  باشد، سیستم UWB گفته می‌شود (در شکل (۴-۱) مقایسه‌ای بین پهنای باند نسبی انجام شده است).

در گزارش وزارت دفاع آمریکا، نام UWB برای سیستم با پهنای باند نسبی  $0/25$  بکار برده شده است. اما در اولین گزارش FCC<sup>۲</sup> در فوریه ۲۰۰۲ سیگنال با پهنای باند نسبی بزرگتر از  $0/2$  و یا پهنای باند بزرگتر از  $500$  MHz (اندازه‌گیری شده در نقاط  $-10$  dB) به عنوان سیستم UWB تعریف شد. روش‌های متفاوتی برای تولید سیگنال با پهنای باند وسیع وجود دارد اما سیستم UWB به سیستمی اطلاق می‌شود که از پالس رادیویی استفاده می‌کند. به این صورت که برخلاف سیستم‌های مرسوم که سیگنال سینوسی برای مدولاسیون دیتا به کار می‌رود، در این سیستم قطاری از پالس‌ها برای مدولاسیون داده استفاده می‌شود. مشخصات حوزه‌ی زمان و فرکانس این سیگنال‌ها عکس هم می‌باشند. سیگنال سینوسی دارای پهنای باند باریک و سیگنال پالسی کوتاه مدت دارای پهنای باند وسیع می‌باشد [۱۱]، [۱۲].



شکل (۴-۱) مقایسه پهنای نسبی و طیف چگالی توان [۱۱]

### ۱-۲-۱ تاریخچه سیستم UWB

گرچه سیستم UWB انقلابی برای سیستم‌های بی‌سیم مخابراتی محسوب می‌شود، ایده‌ی جدیدی نیست. اولین رادیو UWB، رادیو پالسی Spark Gap بود که توسط مارکونی در اواخر ۱۸۰۰ توسعه یافت.

<sup>1</sup> Code Division Multiple Access

<sup>2</sup> Federal Communication Commission