

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی برق و رباتیک
پایان نامه کارشناسی ارشد مخابرات میدان و موج

طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن میکرواستریب فرکتال فرا پهن باند

نگارنده: سید شهاب الدین عبدپور

استاد راهنما
دکتر نیما آزادی طینت

شهریور ۱۳۹۷

شماره ۱۵۹۳، ۷۷
تاریخ: ۱۴، ۶، ۹۷

باسمه تعالی



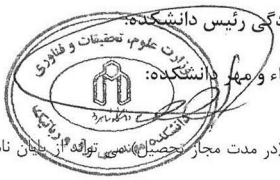
مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای سیدشهاب الدین عبدپور با شماره دانشجویی ۹۴۱۲۰۳۴ رشته مهندسی برق- مخابرات گرایش میدان و امواج تحت عنوان: شبیه سازی و ساخت آنتن میکرواستریپ فرکتال فرا پهن باند که در تاریخ ۱۳۹۷/۰۶/۱۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه):	<input checked="" type="checkbox"/> متوسط	<input type="checkbox"/> مردود
نوع تحقیق:	<input type="checkbox"/> نظری	<input type="checkbox"/> عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	سید آرمان	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم	—	—	—
۳- استاد مشاور	—	—	—
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	امیر خسرو	استاد	
۵- استاد ممتحن اول	حیدر ماسینیان	استاد	
۶- استاد ممتحن دوم	علی	استاد	



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:
تیبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیلی) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به بهترین دوستم، آفریدگارم

که فحم و شعورم، پدر و مادرم، همسر و فرزندم و همه چیزم از اوست و چیزی جز او نیست.

تقدیم به منظر قدرت و رسالت، پدرم

به وجود پر مهرش، صلابت کلامش، و به مهربانی نگاهش، به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم، که از صبرش

ایستادگی را آموختم.

تقدیم به الهه عشق و ایثار، مادرم

امروز، هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما، را آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک

پایان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم کوزه غبار خشکیتان را بزداید. بوسه بردستان پر مهرتان

تقدیم به همسر عزیزم،

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من

فراهم آورده است.

تقدیم به پسر سهیل،

قلبم لبریز از عشق به شماست و خوشبختی و سلامتی و عاقبت بخیریتان منتهای آرزویم.

مشکر و قدردانی

سپاس خدا را بر آنچه از شکرش به ما الهام فرموده و بر آن درهای دانشی که به پروردگارش به ما گشوده است. الهی ادا می‌شکر
تو رایج زبان یار نیست و دیبای فضل تو رایج کران نیست و سر حقیقت تو بر، هیچ کس عیان نیست، هدایت کن بر ما
راهی که بهتر از آن نیست.

اکنون که بیاری خداوند متعال این دوره را به پایان رسانده ام، به رسم ادب و احترام بوسه بردستان زده بر خود
و اجب می‌دانم صمیمانه ترین شکرها را به پدر و مادر عزیزم که، همواره راهنما و مشوقم بوده اند و گذر از مشکلات زندگی ام به حول
و قوه الهی و بدون دعای خیر و برکت وجودشان غیر ممکن بود، تقدیم نمایم.

از زحمات استاد عزیز و بزرگوارم جناب آقای دکتر نیا آزادی طینت که علاوه بر تحقیق و پژوهش با نظرات ارزنده و
مدبرانه ای خود بهتر فکر کردن، به سرزندگی کردن و بهتر بودن را به من آموختند. همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر
جواد قالیبافان در ارائه خوب دوس مربوط به موضوع پایان نامه در جهت رفع مشکلات اینجانب درخ نکرده اند. از اساتید
گراقتدرو پرسنل زحمکش دانشکده مهندسی برق و باتیک شکر می‌کنم.

از کلیه دوستان عزیزم که در طی دوران تحصیل فضای آرام و دوستانه را با ایشان تجربه کردم نیز سپاس گذاری می‌کنم

تعهدنامه

اینجناب سید شهاب الدین عبدپوردانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق مخابرات میدان دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن میکرواستریب فرکتال فرا پهن باند تحت راهنمایی دکتر نیما آزادی طینت متعهد می‌شوم.

- ◆ تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجناب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- ◆ در استفاده از نتایج پژوهش محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- ◆ مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- ◆ کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- ◆ حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- ◆ در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- ◆ در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای

دانشجو: سید شهاب الدین عبدپور

تاریخ: ۹۷/۰۶/۱۴

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد.
- ◆ این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

زمانی که کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) پهنای باند $7/5$ GHz یعنی از فرکانس $3/1$ GHz تا $10/6$ GHz را برای سیستم های بی سیم فراپهن باند معرفی کرد ، سیستم های فراپهن باند به عنوان یک تکنولوژی بی سیم با نرخ انتقال داده بالا به سرعت پیشرفت کرد.

مشابه سیستم های بی سیم رایج ، یک آنتن در سیستم های فراپهن باند بی سیم نیز نقش بسیار مهمی بازی می کند .چالش های طراحی یک آنتن فراپهن باند در مقایسه با یک آنتن باند باریک خیلی بیشتر است .انتن فراپهن باند مناسب باید قادر به کار در سراسر پهنای باندی که توسط FCC تعیین شده است باشد . در عین حال باید دارای یک الگو تابشی مناسب در تمام محدوده فرکانسی نیز باشد .

در این پایان نامه یک آنتن فوق فراپهن باند بر اساس شکل فرکتال معرفی شده است .مدل تغذیه آنتن پیشنهادی خط میکرواستریب و ساختار آن بر اساس هندسه فرکتال می باشد .با استفاده از تکنیک تکرار فرکانس های رزونانس سائزآنتن کاهش می یابد .تجزیه و تحلیل آنتن فرکتالی با استفاده از نرم افزار HFSS انجام شده است.انتن پیشنهاد شده کم حجم و سبک و ساخت آسان برای کاربردهای فراپهن باند و چند بانده می باشد .ابعاد کلی آنتن شامل صفحه زمین $21mm \times 23.5 mm$ و در یک پهنای باند خیلی وسیع یعنی 36 GHz عمل می کند .الگو تابشی آنتن در سراسر پهنای باند همه جهته می باشد و گین آنتن نیز در سراسر باند عملیاتی بین 3 تا 6 dB می باشد .نتایج اندازه گیری نشان می دهد که این آنتن از فرکانس $2/6$ GHz تا 40 GHz دارای یک پهنای باند بیشتر از 175 درصد و یک الگو تشعشی نسبتا پایدار در سراسر باند عملیاتی است . ورنج فرکانسی باند قطع آن در محدوده $5.1-5.8$ GHz و یک باند قطع دیگر $3.4-3.7$ GHz است .

کلمات کلیدی: آنتن ، آنتن فراپهن باند ، آنتن فرکتال ، آنتن فرکتال فوق فراپهن باند ، آنتن میکرواستریب

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- تاریخچه ی UWB (فرا پهن باند)
۴	۳-۱- تعریف سیستم UWB
۵	۴-۱- مزایای مهم سیستمهای UWB [۳]
۵	۵-۱- معایب سیستمهای UWB
۷	۶-۱- قوانین و استانداردهای FCC
۹	۷-۱- انواع آنتن های UWB (فرا پهن باند)
۹	۱-۷-۱- آنتن های مستقل از فرکانس
۹	۲-۷-۱- آنتن های موج رونده
۱۰	۳-۷-۱- آنتن چند تشدید
۱۱	۴-۷-۱- آنتن عنصر کوچک
۱۱	۸-۱- کاربردهای آنتن های UWB
۱۲	۱-۸-۱- ارتباطات با نرخ داده بالا
۱۳	۲-۸-۱- ارتباطات با نرخ داده پایین
۱۴	۳-۸-۱- تصویربرداری
۱۴	۴-۸-۱- رادار اتومبیل
۱۴	۹-۱- مروری بر تحقیقات انجام گرفته بر روی آنتن های UWB و لزوم استفاده از آنتن های ریزنواری [۱۲]
۱۷	فصل دوم: روشهای افزایش پهنای باند و حذف باندهای متداخل در آنتن های ریزنواری
۱۸	۱-۲- آنتن تک قطبی صفحه ای با دیسک دایروی

- ۲۰-۲-۲- روشهای افزایش پهنای باند در آنتنهای ریزنواری
- ۲۱-۲-۲- استفاده از دو یا سه تغذیه در ساختار پچ تشعشعی
- ۲۲-۲-۲- استفاده از پچهایی با تغییرات پلکانی
- ۲۳-۲-۲- استفاده از ساختارهای فراکتالی
- ۲۵-۲-۲- استفاده از تشدیدگر نیمموج جهت ایجاد تشدیدهای جدید
- ۲۶-۲-۲- تصحیح ساختار زمین
- ۲۷-۲-۲- تغییر در ساختار تغذیه
- ۳۰-۲-۲- استفاده از Via
- ۳۲-۲-۲- استفاده از عنصر پارازیتی
- ۳۶-۲-۲- استفاده از استاب ربع و نیم طول موج
- ۳۷-۲-۲- استفاده از شکافهای ربع و نیم موج
- ۳۹-۲-۲- مین نمودن (Meander)
- ۴۱-۲-۲- استفاده از تشدیدگرهای حلقه باز یا حلقه بسته
- ۴۲-۲-۲- افزودن استاب سری به عنصر تشعشعی

فصل سوم: ساختارهای فرکتال و متامتریال ها ۴۵

- ۴۶-۳-۱- مقدمه
- ۴۶-۳-۲- آنتن فرایهین باند فرکتال با تغذیه cpw
- ۴۷-۳-۳- آنتن فرایهین باند و فرکتال MIMO
- ۴۹-۳-۴- آنتن فرایهین باند فرکتال با ساختار FTSE
- ۵۱-۳-۵- آنتن فرایهین باند فرکتال از نوع KOCH
- ۵۳-۳-۶- آنتن فرایهین باند فرکتال با پچ دایروی
- ۵۵-۳-۷- آنتن فرایهین باند با فراکتال تغییر یافته درختی فیثاغورث

۵۶	..... Sierpinski carpet	۸-۳-آنتن فراپهن باند با فراکتال
۵۷	.....	۹-۳-آنتن فراپهن باند با فرکتال لوزی
۵۹	.....	۱۰-۳-آنتن فراپهن باند با فرکتال دایروی
۶۰	.....	۱۱-۳-آنتن فراپهن باند فرکتال با ساختار متامتریال
۶۲	.....	۱۲-۳-متامتریال ها
۶۵	.....	۱-۱۲-۳-ساختار حلقه مجزای یک بعدی
۶۶	.....	۲-۱۲-۳-ساختار حلقه متقارن
۶۷	.....	۳-۱۲-۳-ساختار omega
۶۸	.....	۴-۱۲-۳-ساختار S
۶۹	.....	۵-۱۲-۳-ساختار بهینه شده متامتریال

فصل چهارم: طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با استفاده از فرکتال و قابلیت حذف دو باند متداخل ۷۳

۷۴	.....	۱-۴-مقدمه
۷۶	.....	۲-۴-طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی [۱۲]
۷۸	.....	۱-۲-۴-طراحی آنتن فراپهن باند [۱۵]
۸۰	.....	۲-۲-۴-طراحی آنتن فوق فراپهن باند [۳۲]
۸۳	.....	۳-۴-کاهش سایز آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با استفاده از ساختار فرکتال مثلثی
۸۳	.....	۱-۳-۴-آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با فرکتال مثلثی
۸۷	.....	۴-۴-آنتن فوق فراپهن باند فرکتال پیشنهادی با ساختار حذف باندهای متداخل
۸۸	.....	۱-۴-۴-آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با حذف باند متداخل باند wimax [۴۳]
۹۳	.....	۲-۴-۴-آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با حذف باند متداخل باند wlan
۹۸	.....	۵-۴-بررسی مشخصات آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی
۹۸	.....	۱-۵-۴-نمودار تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی

- ۹۹ ۴-۵-۲-نمودار VSWT آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی
- ۹۹ ۴-۵-۳-الگو تشعشی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی
- ۱۰۱ ۴-۵-۴-نمودار امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی
- ۱۰۲ ۴-۵-۵-جریان ها سطحی آنتن پیشنهادی اول
- ۱۰۵ ۴-۵-۶-نمودار پیک گین آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی
- ۱۰۶ ۴-۵-۷-نتایج تست و اندازه گیری آنتن
- ۱۰۷ ۴-۵-۸-مقایسه بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی
- ۱۰۷ ۴-۵-۹-مقایسه بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری VSWT آنتن پیشنهادی
- ۱۰۸ ۴-۵-۱۰-پترن های اندازه گیری شده آنتن پیشنهادی
- ۱۰۹ ۴-۵-۱۱-مقایسه شبیه سازی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با کارهای مشابه قبلی

۱۱۳

فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱۱۴ ۵-۱-نتیجه گیری
- ۱۱۸ ۵-۲-پیشنهادات :
- ۱۱۹ مراجع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان جدول
۸.....	جدول ۱-۱-قوانین FCC برای آنتن های UWB.
۱۱۰.....	جدول ۱-۴-مقایسه آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با کارهای مشابه قبلی

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان شکل
۵.....	شکل ۱-۱- مقایسه بین حوزه‌ی زمان و فرکانس دو سیگنال زمان و سینوسی [۲].
۷.....	شکل ۱-۲- داخل UWB با سایر سیستم‌های باند باریک [۵].
۹.....	شکل ۱-۳- آنتن حلزونی لگاریتمی [۶].
۱۰.....	شکل ۱-۴- آنتن بوقی [۶].
۱۰.....	شکل ۱-۵- آنتن Vivaldi همراه با نمودار افت برگشتی آن [۸].
۱۱.....	شکل ۱-۶- آنتن log periodic [۶].
۱۱.....	شکل ۱-۷- آنتن مونوپل مسطح فشرده UWB و افت بازگشتی آن [۹].
۱۵.....	شکل ۱-۸- آنتن مونوپل دیسک دایروی چاپی همراه با نمودار افت برگشتی [۱۲].
۱۹.....	شکل ۱-۲- آنتن تک قطبی صفحه‌ای با دیسک دایروی [۱۳].
۱۹.....	شکل ۲-۲- تأثیر افزایش ارتفاع (h) بر افت برگشتی [۱۳].
۱۹.....	شکل ۲-۳- امپدانس ورودی آنتن با تغییر ارتفاع (الف) امپدانس حقیقی، (ب) امپدانس موهومی [۱۳].
۲۰.....	شکل ۲-۴- توزیع جریان سطحی در سطح آنتن [۱۳].
۲۰.....	شکل ۲-۵- نتایج ساخت و شبیه‌سازی افت برگشتی آنتن (الف) $L=100$ ، (ب) $L=10$ میلی‌متر [۱۳].
۲۱.....	شکل ۲-۶- هندسه آنتن ارائه شده [۱۴].
۲۲.....	شکل ۲-۷- نتایج ساخت و شبیه‌سازی افت برگشتی آنتن [۱۴].
۲۲.....	شکل ۲-۸- توزیع جریان آنتن (الف) آنتن با پیچ مربعی ساده، (ب) آنتن با پیچ پلکانی [۱۵].
۲۳.....	شکل ۲-۹- (الف) هندسه آنتن مرجع، (ب) افت برگشتی [۱۵].
۲۴.....	شکل ۲-۱۰- (الف) هندسه آنتن با فراکتال درختی فیثاغورثی، (ب) پاسخ فرکانسی [۱۶].
۲۵.....	شکل ۲-۱۱- ساختار آنتن ارائه شده [۱۷].
۲۵.....	شکل ۲-۱۲- مراحل طراحی آنتن [۱۷].
۲۶.....	شکل ۲-۱۳- VSWR حاصل از مراحل طراحی آنتن [۱۷].
۲۷.....	شکل ۲-۱۴- (الف) مراحل ایجاد شکاف در آنتن مرجع، (ب) تأثیر شکاف‌ها بر افت برگشتی [۱۸].
	شکل ۲-۱۵- (الف) هندسه آنتن با تغذیه مارپیچی، (ب) پاسخ فرکانسی آنتن [۱۹]. ارائه روش‌های مختلف جهت ایجاد
۲۸.....	عملکرد فیلتر در آنتن‌های ریزنواری (آنتن پایه طراحی شده).

- شکل ۱۶-۲- ساختار کلی آنتن پهن باند با فیلتر دو بانده برای حالات الف) آنتن پهن باند متصل به مدلهای فیلتری،
 (ب) آنتن پهن بانده که بخشهای فیلتری را در داخل ساختار خود دارد [۲۰]. ۳۰
- شکل ۱۷-۲- آنتن مرجع [۲۱] جهت ایجاد عملکرد فیلتر. ۳۱
- شکل ۱۸-۲- الف) نسبت موج ساکن در آنتن، (ب) بهره آنتن به همراه کارایی [۲۱]. ۳۲
- شکل ۱۹-۲- آنتن UWB الف) بدون ساختار فیلتر، (ب) به همراه ساختار فیلتر [۲۲]. ۳۲
- شکل ۲۰-۲- نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن UWB با و بدون عنصر پارازیتی [۲۲]. ۳۳
- شکل ۲۱-۲- نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن UWB برای مقادیر مختلف زاویه M [۲۲]. ۳۳
- شکل ۲۲-۲- الگوی تشعشعی اندازه گیری شده آنتن UWB در در صفحه H در فرکانسهای الف) ۳/۵، (ب) ۶/۵،
 (پ) ۹/۵ گیگاهرتز [۲۲]. ۳۵
- شکل ۲۳-۲- الگوی تشعشعی اندازه گیری شده آنتن UWB در صفحه E در فرکانسهای الف) ۳/۵، (ب) ۶/۵، (پ)
 ۹/۵ گیگاهرتز [۲۲]. ۳۵
- شکل ۲۴-۲- نمودار بهره و کارایی تشعشعی آنتن UWB [۲۲]. ۳۵
- شکل ۲۵-۲- آنتن ریزنواری [۲۳]. ۳۶
- شکل ۲۶-۲- توزیع جریان الف) ۵/۲۵ گیگاهرتز، (ب) ۵/۷۷۵ گیگاهرتز [۲۳]. ۳۷
- شکل ۲۷-۲- نسبت موج ساکن آنتن مرجع [۲۳]. ۳۷
- شکل ۲۸-۲- هندسه آنتن ارائه شده (کلیه ابعاد بر حسب میلیمتر) [۲۴]. ۳۸
- شکل ۲۹-۲- مراحل تغییر در آنتن برای افزایش پهنای باند [۲۴]. ۳۹
- شکل ۳۰-۲- مسیر توزیع جریان در آنتن الف) فرکانس ۳/۵ گیگاهرتز، (ب) فرکانس ۵/۵ گیگاهرتز [۲۴]. ۳۹
- شکل ۳۱-۲- VSWR حاصل از شبیهسازی و اندازهگیری آنتن [۲۴]. ۳۹
- شکل ۳۲-۲- ساختار آنتن مرجع [۲۵]. ۴۰
- شکل ۳۳-۲- الف) افت برگشتی، (ب) بهره و کارایی آنتن [۲۵]. ۴۰
- شکل ۳۴-۲- الف) هندسه آنتن برای فیلتر کردن باند متداخل، (ب) رینگ تشدید حلقه باز [۲۶]. ۴۱
- شکل ۳۵-۲- ساختارهای تشدیدگر ربع و نیم طول موج [۲۷]. ۴۱
- شکل ۳۶-۲- مدار معادل فشرده برای الف) باند عبور، (ب) باند فیلتر [۲۷]. ۴۲
- شکل ۳۷-۲- آنتن تک قطبی حلقوی به همراه ساختار فیلتر با استفاده از استاب سری [۲۸]. ۴۳
- شکل ۳۸-۲- مقایسه نمودار VSWR برای آنتن شکل ۳۷-۲ با و بدون ساختار فیلتر [۲۸]. ۴۳
- شکل ۳۹-۲- نمودار تغییرات VSWR برای آنتن شکل ۳۷-۲ بر اساس تغییر در مقدار L1 [۲۸]. ۴۴

- شکل ۲-۴۰- نمودار بهره آنتن شکل ۲-۳۷ با و بدون استاب سری [۲۸]. ۴۴
- شکل ۳-۱- پیکر بندی آنتن فراکتال با تغذیه $L=39, W=18.5$ cpw [۲۹]. ۴۶
- شکل ۳-۲- مقایسه مشخصات |S11| نشان دهنده اثر شکاف در صفحه اصلی (D1)، اثر مرز فراکتال Koch و صفحه اصلی اصلاح شده (D2) و اثر ریشه پیچ و خم دار اصلاح شده و شکاف فراکتال Koch مرتبه ۴ (D3). [۲۹]. ۴۷
- شکل ۳-۳- هندسه بهینه شده از 4×4 FUMA [۳۰]. ۴۹
- شکل ۳-۴- مقایسه نتایج پارامترهای S شبیه سازی شده و اندازه گیری شده S11 (a) و S12 (b) S13 و S14. [۳۰]. ۴۹
- شکل ۳-۵- پیکربندی آنتن فراکتال تک قطبی. [۳۱]. ۵۱
- شکل ۳-۶- پاسخ VSWR اندازه گیری شده و شبیه سازی شده برای Ant.2 و Ant.3. عکس از دو آنتن است. [۳۱]. ۵۱
- شکل ۳-۷- هندسه آنتن اتصال. [۳۲]. ۵۲
- شکل ۳-۸- تلف برگشتی از آنتن و آنتن فراکتال Koch. [۳۲]. ۵۲
- شکل ۳-۹- (a) تک قطبی دایره ای باند گسترده. (b) تک قطبی شکاف دار دو بانده (c) تک قطبی دو بانده با طراحی فراکتال. [۳۳]. ۵۴
- شکل ۳-۱۰- S11 شبیه سازی شده و اندازه گیری شده بر حسب فرکانس آنتن. [۳۳]. ۵۴
- شکل ۳-۱۱- (الف) هندسه آنتن با فراکتال درختی فیثاغورثی، (ب) پاسخ فرکانسی [۳۴]. ۵۵
- شکل ۳-۱۲- هندسه آنتن. [۳۵]. ۵۷
- شکل ۳-۱۳- مشخصه های S11 آنتن با و بدون هندسه فراکتال Sierpinski carpet. [۳۵]. ۵۷
- شکل ۳-۱۴- آنتن طراحی شده (تکرار چهارم) با شکاف ها. [۳۶]. ۵۸
- شکل ۳-۱۵- تلف برگشتی بر حسب فرکانس [۳۶]. ۵۹
- شکل ۳-۱۶- هندسه آنتن [۳۶]. ۶۰
- شکل ۳-۱۷- نتایج شبیه سازی VSWR آنتن [۳۶]. ۶۰
- شکل ۳-۱۸- هندسه آنتن پیشنهادی. [۳۷]. ۶۱
- شکل ۳-۱۹- نتایج شبیه سازی VSWR آنتن [۳۷]. ۶۱
- شکل ۳-۲۰- ساختار میله ای، میان موجبر صفحه موازی در صفحه X-Y. ۶۳
- شکل ۳-۲۱- سلول واحد قرار گرفته شده در موجبر فرضی. ۶۳
- شکل ۳-۲۲- نتایج بدست آمده برای محیط میله ای. ۶۴

- شکل ۳-۲۳-سلول واحد ساختاریک بعدی حلقه مجزا در یک موجبر [۳۸] ۶۵
- شکل ۳-۲۴-نتایج بدست آمده برای ساختار یک بعدی حلقه مجزا ۶۶
- شکل ۳-۲۵-سلول واحد ساختار حلقه ای متقارن در یک موجبر ۶۶
- شکل ۳-۲۶-نتایج بدست آمده برای ساختار حلقه متقارن در یک موجبر ۶۷
- شکل ۳-۲۷-سلول واحد ساختار ω در یک موجبر ۶۷
- شکل ۳-۲۸-نتایج بدست آمده برای ساختار ω ۶۸
- شکل ۳-۲۹-سلول واحد ساختار S در یک موجبر ۶۸
- شکل ۳-۳۰-نتایج بدست آمده برای ساختار S ۶۹
- شکل ۳-۳۱-سلول واحد ساختار بهینه شده در موجبر ۷۰
- شکل ۳-۳۲-نتایج بدست آمده برای ساختار نهایی ۷۰
- شکل ۴-۱-هندسه آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی به همراه دو باند متداخل حذف شده ۷۵
- شکل ۴-۲-هندسه آنتن پچ دایره ای ساده اولیه (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن ۷۷
- شکل ۴-۳-تلفات بازگشتی آنتن پچ دایره ای ساده اولیه [۱۲] ۷۷
- شکل ۴-۴-هندسه آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵] ۷۸
- شکل ۴-۵-تلفات بازگشتی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵] ۷۹
- شکل ۴-۶-نمودار VSWR آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵] ۷۹
- شکل ۴-۷-هندسه آنتن با صفحه زمین نیم بیضی شکل [۳۲] ۸۱
- شکل ۴-۸-تلفات بازگشتی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی صفحه زمین نیم بیضی [۳۲] ۸۲
- شکل ۴-۹-نمودار VSWR آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی صفحه زمین نیم بیضی [۳۲] ۸۲
- شکل ۴-۱۰-هندسه آنتن بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن ۸۴
- شکل ۴-۱۱-تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی ۸۵
- شکل ۴-۱۲-نمودار VSWR آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی ۸۵
- شکل ۴-۱۳-مراحل فرکتال کردن آنتن (الف) و (ب) و (ج) و (د) ۸۶
- شکل ۴-۱۴-هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax [۴۳] ۸۸
- شکل ۴-۱۵-تلفات بازگشتی هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax [۴۳] ۸۹

- شکل ۴-۱۶- (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی این نیم حلقه [۴۳] ... ۹۰
- شکل ۴-۱۷- (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب ضخامت نیم حلقه ۹۱
- شکل ۴-۱۸- (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب فاصله نیم حلقه از صفح زمین بیضی شکل ۹۲
- شکل ۴-۱۹- هندسه آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب ۹۳
- شکل ۴-۲۰- تلفات بازگشتی آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب ۹۴
- شکل ۴-۲۱- نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب ۹۴
- شکل ۴-۲۲- هندسه آنتن به ازای حداکثر طول ممکن برای شکاف ایجاد شده در خط تغذیه میکرواستریب ۹۵
- شکل ۴-۲۳- تلفات بازگشتی آنتن به ازای حداکثر طول ممکن یعنی 6 mm ۹۶
- شکل ۴-۲۴- هندسه آنتن فوق فرایه‌ن باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی ۹۷
- شکل ۴-۲۵- تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایه‌ن باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی ۹۷
- شکل ۴-۲۶- نمودار VSWR آنتن فوق فرایه‌ن باند پیشنهادی ۹۹
- شکل ۴-۲۷- پترن آنتن پیشنهادی در فرکانس (الف) ۳ GHz (ب) ۸ GHz (ج) ۱۱ GHz ۱۰۰
- شکل ۴-۲۸- پترن سه بعدی آنتن پیشنهادی در فرکانس (الف) ۳ GHz (ب) ۸ GHz (ج) 11GHz ۱۰۱
- شکل ۴-۲۹- نمودار امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی ۱۰۲
- شکل ۴-۳۰- جریان های سطحی آنتن پیشنهادی در فرکانس ۳/۵ GHz (الف) بدون ساختار حذف باند (ب) با ساختار حذف باند ۱۰۳
- شکل ۴-۳۱- جریان های سطحی آنتن پیشنهادی در فرکانس ۵/۵ GHz (الف) بدون ساختار حذف باند (ب) با ساختار حذف باند ۱۰۴
- شکل ۴-۳۲- نمودار پیگ گین آنتن پیشنهادی ۱۰۵
- شکل ۴-۳۳- هندسه آنتن ساخته شده پیشنهادی (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن ۱۰۶
- شکل ۴-۳۴- تلفات بازگشتی شبیه سازی و اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی ۱۰۷
- شکل ۴-۳۵- VSWR شبیه سازی و اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی ۱۰۷
- شکل ۴-۳۶- پترن های اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی در سه فرکانس (الف) ۳ GHz (ب) ۸ GHz (ج) ۱۱ GHz ۱۰۸

فهرست علائم

نشانه	علامت
فرکانس	f (Hz)
طول موج	λ (m)
ضریب کیفیت	Q_0
مقاومت	$R(\Omega)$
خازن	$C(F)$
سلف	$L(H)$
Federal Communications Commission	FCC
Wireless Local Area Network	WLAN
Ultra-wide Band	UWB
Worldwide Interoperability for Microwave Acces	WiMAX
High Frequency Structural Simulator	HFSS
Earth Exploration Satellite Service	EESS
Voltage Standing Wave Ratio	VSWR
Co-Planar Waveguide	CPW

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به مزیت‌های انکار ناپذیر مخابرات بی‌سیم بر مخابرات سیمی، نصب سریع، تعمیر و نگهداری راحت تر، گسترش ساده‌تر و انعطاف پذیری بیشتر در تعریف قوانین جدید، دنیای مخابرات با سرعت به سمت کاملاً بی‌سیم شدن پیش می‌رود [۱].

در اینجا تعدادی از مزایای مخابرات بی‌سیم آورده شده است:

- افزایش بازده: در برخی از موارد کاربران با استفاده از سرویس‌های شبکه‌های بی‌سیم بازدهی بیشتر در کار خود خواهند داشت. به عنوان مثال در سیستم تلفنی بی‌سیم درون ساختمانی استفاده از فناوری بی‌سیم باعث می‌شود کاربران سریع‌تر و بهتر بتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.
- دسترسی تقریباً همیشگی به شبکه: در صورتی که شبکه بی‌سیم به خوبی طراحی شده باشد، کاربران در اکثر مواقع می‌توانند به شبکه دسترسی پیدا کنند. در صورتی که در یک شبکه باسیم در صورت جابه‌جایی دسترسی برای مدتی قطع است و در همه جا پورت شبکه وجود ندارد.
- انعطاف بیشتر: شبکه‌های بی‌سیم انعطاف بالاتری دارند و با راحتی بیشتری می‌توان ساختار شبکه را تغییر داد یا تعداد کاربران را بیشتر کرد.
- پیاده‌سازی ساده‌تر و تمیزتر: در فناوری بی‌سیم، معمولاً تنها ایستگاه‌های پایه و نقاط دسترسی نیاز به نصب و راه‌اندازی دارند و نیازی نیست مانند شبکه‌های سیمی هر کاربر را با کابل‌کشی به شبکه متصل کرد.
- ظرفیت بیشتر و تعداد بیشتر کاربران: ظرفیت شبکه‌های بی‌سیم به مراتب بالاتر از شبکه‌های سیمی است و تعداد کاربران بیشتری را می‌تواند پشتیبانی کند.

- هزینه پایین‌تر: به دلیل سهولت بیشتر در پیاده سازی و ظرفیت بالاتر فناوری‌های بی‌سیم معمولاً هزینه پیاده سازی این شبکه‌ها پایین‌تر از شبکه‌های سیمی است.

یکی از مسائلی که همواره در مخابرات بی‌سیم مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفته است، چگونگی استفاده از پهنای باند فرکانسی در دسترس برای بالا بردن هر چه بیشتر ظرفیت کانال مخابراتی و دستیابی به سرعت‌های بالاتر ارسال اطلاعات و در عین حال بالا بردن قابلیت اعتماد و نیز امنیت کانال بوده است. مطرح شدن لزوم دسترسی چندگانه از طریق مخابرات بی‌سیم و امکان تحرک برای کاربران با سرعت‌های زیاد و در فواصل مکانی مختلف در محیط‌های گوناگون، پیچیدگی مساله را تا حد زیادی افزایش داده است. در جهت حل این مساله روش‌های بسیاری مطرح شده است که هر یک دارای مزایا و معایب خاص خود هستند و تلاش برای رسیدن به روش‌های بهینه‌تر همچنان ادامه دارد. اما یکی از روش‌هایی که اخیراً مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته است، مخابرات باند وسیع یا فرا پهن باند است که در این فصل به معرفی آن می‌پردازیم.

۱-۲- تاریخچه ی UWB(فرا پهن باند)

در سال ۱۹۰۱، جی. مارکونی^۱ اولین ارسال بی‌سیم را در افق از جزیره ویت به کورنوال در سرزمین بریتانیا فرستاد. در فواصل سال‌های ۱۹۴۵-۱۹۴۲ میلادی، چندین اختراع برای سیستم‌های پالس رادیویی به ثبت رسید. در سال ۱۹۸۵، کوبزارو^۲ و دیگران اولین رادیوی پالسی ویدیویی را ساختند که پالس‌های کوتاه بدون حامل ارسال شد. در سال ۱۹۷۳، موری اولین رادار نفوذ کننده زمینی پالس ویدیویی را ساخت. در سال ۱۹۷۵، تکترونیکس^۳ سیستم UWB را بصورت تجاری در دسترس قرار داد. در اوایل ۱۹۸۰، راس و دیگران سیستم ارتباطی UWB (در فضای آزاد) را به نمایش گذاشتند. در سال ۱۹۸۶ اولین سیستم ارتباطات UWB با پالس کوتاه وارد میدان شد. در سال ۱۹۸۹، اولین بار اسم

^۱ G.Marconi

^۲ Kobzrev

^۳ Tektronix

باند فرا پهن باند (Ultra-Wideband) معرفی شد. در سال ۱۹۸۹، شرکت تایم دومین به گرفتن پذیرش برای ارسال جهانی UWB شروع کرد. در سال ۲۰۰۰، FCC^۱، کمیته مخابرات فدرال توجه به ساخت قوانین پیشنهادی برای UWB را آغاز کرد. در سال ۲۰۰۲، طبق گزارش ۴۸-۰۲، FCC بطور رسمی شروع به اداره UWB کرد. FCC سیستم UWB را برای برد فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز پذیرفت [۱]. FCC خلاصه‌ای از استانداردهای سه نوع وسیله‌ی UWB، غیر نظامی را که اجازه استفاده تجاری را می‌داد، عبارتند از:

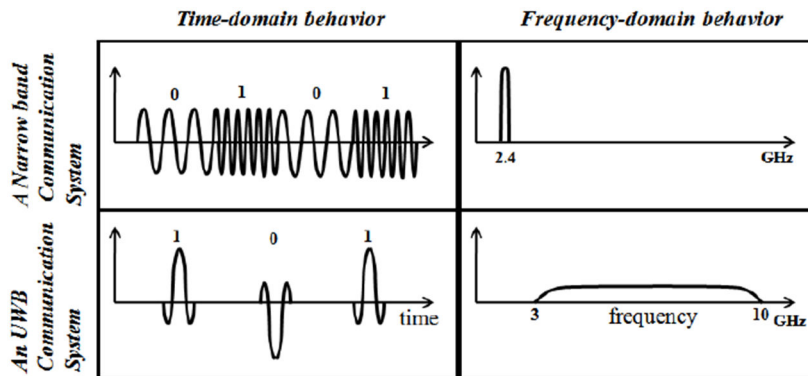
- سیستم‌های تصویر سازی شامل رادارهای نفوذ کننده‌ی زمینی، وسایل پزشکی
- سیستم‌های رادار خودرویی
- سیستم‌های اندازه گیری و ارتباطی

۱-۳- تعریف سیستم UWB

همان طور که از نام Ultra Wideband برمی‌آید، مهمترین مشخصه‌ی یک سیستم UWB، پهنای باند بسیار زیاد آن است. به عبارت دیگر UWB به سیستم بی‌سیم با پهنای باند خیلی وسیع اطلاق می‌شود. طبق تعریف به نسبت پهنای باند اشغال شده توسط سیگنال به فرکانس مرکزی سیگنال، پهنای باند نسبی گفته می‌شود. سیستم‌های مرسوم معمولاً پهنای باندی نسبی کمتر از ۰/۱ دارند. در حوزه مخابرات و رادار به هر سیگنالی که دارای پهنای باند نسبی بزرگتر از ۰/۲۵ باشد، سیستم UWB گفته می‌شود. در گزارش وزارت دفاع آمریکا، نام UWB برای سیستمی با پهنای باند نسبی ۰/۲۵ بکار برده می‌شود. اما در اولین گزارش FCC در فوریه ۲۰۰۲ سیگنال، با پهنای باند نسبی بزرگتر از ۰/۲ و یا پهنای باند بزرگتر از ۵۰۰ مگاهرتز به عنوان سیستم UWB تعریف شده است. روش‌های متفاوتی برای تولید سیگنال با پهنای باند وسیع وجود دارد اما سیستم UWB به سیستمی اطلاق می‌شود که از

^۱ Federal Communications Commission

پالس رادیویی استفاده می‌کند. به این صورت که برخلاف سیستم‌های مرسوم که از سیگنال سینوسی برای مدولاسیون داده استفاده می‌کردند، در این سیستم، قطاری از پالس‌ها برای مدولاسیون دیتا استفاده می‌شود [۱]. در شکل ۱-۱ مقایسه‌ای بین سیگنال باند باریک و سیستم UWB در حوزه‌ی زمان و فرکانس صورت گرفته است [۲].



شکل ۱-۱-مقایسه بین حوزه‌ی زمان و فرکانس دو سیگنال زمان و سینوسی [۲].

۱-۴-مزایای مهم سیستم‌های UWB [۳]

- سرعت در ارسال داده
- هزینه تجهیزات کمتر
- توان مصرفی پایین
- غلبه بر پدیده چند مسیره

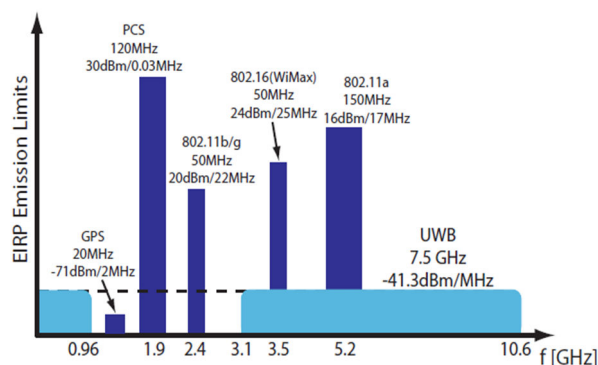
۱-۵-معایب سیستم‌های UWB

در کنار مزایای قابل توجه سیستم‌های UWB، معایب و مشکلاتی هم در راه استفاده عملی از این سیستم‌ها وجود دارد که تاکنون تلاش‌های زیادی برای رفع آنها انجام شده است و تحقیق در این

زمینه همچنان ادامه دارد. با توجه به پهنای باند فوق‌العاده سیستم‌های UWB، این سیستم‌ها می‌توانند بر سیستم‌های دیگری که در باندهای اختصاص یافته خود کار می‌کنند، اثر تداخلی بگذارند و از سوی دیگر می‌توانند تحت تاثیر اثر تداخلی آنها قرار بگیرند و این مساله باید از هر دو جنبه مورد بررسی قرار گیرد. زیرا تا زمانی این اطمینان حاصل نشود که سیستم‌های UWB می‌توانند همزمان با سیستم‌های دیگر از یک باند فرکانسی مشترک استفاده کنند بدون آنکه تاثیر مخربی بر روی هم داشته باشند، استفاده عملی از سیستم‌های UWB امکان پذیر نخواهد بود [۴].

و مساله دیگر تداخل سیستم‌های دیگر بر روی سیستم UWB است. باند UWB به عنوان یکی از باندهای جالب برای طراحی سیستم‌های مخابراتی بخصوص کاربردهای رنج متوسط و کوتاه بسیار مناسب است. سیستم‌های UWB در سراسر باندهای فرکانسی وسیع‌تر از ۵۰۰ مگاهرتز کار میکنند که در این محدوده سایر باندهای باریک دیگری با قدرت و توان بالا کار می‌کنند که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

قدرت فرستاده شده در وسایل UWB بسیار پایین (-43dBm) است و بنابراین، سیستم‌های باند باریک با توان قوی حتی با پهنای باند بسیار کم روی آن تاثیر می‌گذارند. البته امکان دارد در طرف فرستنده تداخل کم دیده شود ولی در طرف گیرنده تداخل بسیار زیاد دیده شود و حتی امکان دارد سیگنال ارسالی کاملاً محو شود. یکی از راه‌های حل این مشکل، افزایش توان ارسالی آنتن‌هایی با فرستنده‌های UWB است که به گونه‌ای میزان این تداخل را کم می‌کند. راه دیگر استفاده از یک فیلتر در باند تداخل UWB با سایر باندهای باریک می‌باشد.



شکل ۱-۲: تداخل UWB با سایر سیستم‌های باند باریک [۵].

۱-۶- قوانین و استانداردهای FCC

از زمانی که کمیته ارتباطات فدرال پهنای باند ۷/۵ گیگاهرتز (فرکانس ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز) را به ارتباطات بی‌سیم با پهنای باند بالا (UWB) اختصاص داده است. UWB به سرعت به عنوان فناوری ارتباط بی‌سیم پیشرفت نموده است. همانند سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم، یک آنتن نقش بسیار مهمی را در سیستم‌های UWB بازی می‌کند. اگرچه چالش‌های بیشتری در طراحی سیستم‌های UWB نسبت به سیستم‌های با پهنای باند باریک وجود دارد. یک آنتن مناسب UWB باید قادر باشد روی پهنای باند بالایی که توسط FCC مشخص شده است کار کند. همزمان باید ویژگی‌های تشعشی قابل قبولی در تمام باند فرکانسی داشته باشد. یکی دیگر از نیازهای اولیه آنتن UWB ویژگی‌های حوزه زمان مناسب مانند، پاسخ ضربه با حداقل اعوجاج است [۵].

یک آنتن مناسب UWB باید بتواند در رنج فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز، قوانین آورده شده در جدول ۱-۱ را برآورده کند. الگو تشعشی و بازده تشعشی از مشخصه‌های مهمی هستند که در طراحی هر آنتنی مد نظر قرار می‌گیرند. در سیستم‌های UWB نیاز به آنتن با الگو تشعشی تقریباً همه جهته داریم تا آزادی عمل در محل قرار گرفتن آنتن فرستنده و گیرنده را برای ما ممکن کند و این امر نیاز به حداکثر کردن پهنای باند -3dB و حداقل کردن سمت‌گرایی (Directivity) و بهره را دارد. از طرف دیگر به منظور حداکثر کردن بازده تشعشی باید تلفات رسانایی و دی‌الکتریکی در آنتن حداقل

شود. بازده تشعشعی بالا برای یک آنتن فرا پهن باند (UWB)، امری ضروری است، زیرا چگالی طیفی توان ارسالی بسیار پایین است و بنابراین هر تلفات بیش از اندازه‌ای که به آنتن تحمیل شود، می‌تواند به طور بالقوه بر عملکرد سیستم تاثیر بگذارد. از آنجایی که سیستم‌های UWB از مدولاسیون پالسی برای انتقال اطلاعات استفاده می‌کنند، بنابراین عملکرد خوب در حوزه زمان یکی از ابتدایی‌ترین نیازهای یک آنتن UWB است. یکی از موارد مهمی که بر عملکرد حوزه زمان آنتن تأثیر می‌گذارد، تأخیر گروهی است. اگر فاز در رنج فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز خطی باشد، آنگاه تأخیر گروهی نیز ثابت خواهد بود. این یکی از مشخصه‌های بسیار مهم آنتن‌های UWB است، زیرا نشان می‌دهد که پالس UWB با چه کیفیت ارسال و تا چه اندازه‌ای در آنتن دریافت کننده تحریف می‌شود.

جدول ۱-۱- قوانین FCC برای آنتن های UWB.

پهنای باند (VSWR)	۳/۱-۱۰/۶ گیگاهرتز
کارایی تشعشعی	بیشتر از ۷۰ درصد
تلفات برگشتی	کمتر از ۱۰dB-
فاز	خطی (تاخیر گروه ثابت)
الگوی تشعشعی	همه جهته
بهره و سمت‌گرایی	پایین
پهنای باند ۳dB (HFBW)	بیشتر از ۶۰ درجه
شکل فیزیکی	کوچک، فشرده، مسطح

۱-۷- انواع آنتن‌های UWB (فرا پهن باند)

می‌توان آنتن‌های UWB را به صورت، آنتن‌های مستقل از فرکانس، آنتن‌های موج‌رونده، آنتن‌های عنصر کوچک و آنتن‌های چند تشدید شده تقسیم بندی نمود. در زیر بخش‌های موجود، به شرح این آنتن‌ها پرداخته می‌شود [۶-۷].

۱-۷-۱- آنتن‌های مستقل از فرکانس

آنتن‌های مستقل از فرکانس شامل آنتن‌های حلزونی، لوگ پیرویدیک است. این آنتن‌ها بستگی به تغییر در شکل هندسی، از بخش با ابعاد کوچک به بخش با ابعاد بزرگتر هستند. بخش کوچکتر فرکانس‌های بالاتر را توزیع می‌کند، در حالی که بخش بزرگتر فرکانس‌های کوچکتری را انتشار می‌دهد. یک نمونه از این آنتن‌ها در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



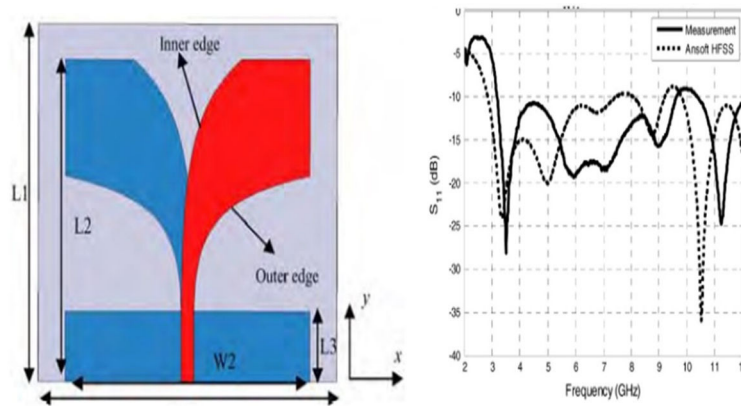
شکل ۱-۳- آنتن حلزونی لگاریتمی [۶].

۱-۷-۲- آنتن‌های موج‌رونده

آنتن موج‌رونده، شامل آنتن‌های بوقی و باریک شده آنتن‌های شکافی است. این آنتن‌ها دارای این مشخصه هستند که انتقال آرامی از موج هدایت شده به موج تشعشع شده دارند و خصوصیات خوبی برای UWB دارند. (شکل (۱-۴) و (۱-۵))



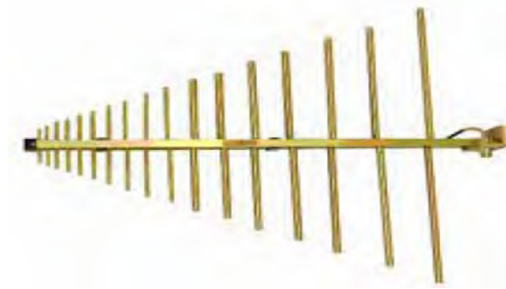
شکل ۱-۴-آنتن بوقی [۶].



شکل ۱-۵-آنتن Vivaldi همراه با نمودار افت برگشتی آن [۸]

۱-۷-۳-آنتن چند تشدید

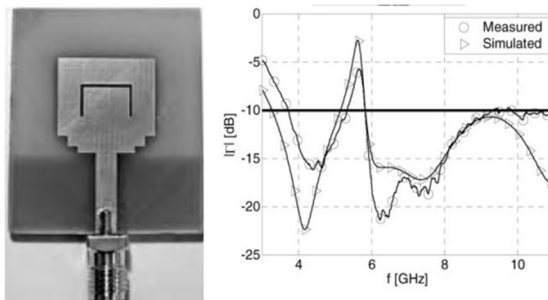
آنتن‌های چند تشدید از آرایشی از عناصر باند باریک چندگانه تشکیل شده است. این نوع آنتن‌ها، شامل آنتن‌های لوگ-پریودیک یا آنتن‌های یاگی هستند. این آنتن‌ها UWB هستند اما مرکز فاز آنها با تغییر فرکانس ثابت نیست، بنابراین متفرق کننده هستند. (شکل ۱-۶)



شکل ۱-۶-آنتن log periodic [۶].

۱-۷-۴-آنتن عنصر کوچک

آنتن‌های عنصر کوچک شامل آنتن‌های پاپیونی، مونوپل و مونوپل دایروی است. این آنتن‌های کوچک، همه جهت‌دار و ارزان هستند. در مرجع [۹] با استفاده از یک شکاف U شکل، برای اجتناب از تداخل با سیستم WLAN^۱ در باند ۵/۱۵ تا ۵/۸۲۵ گیگاهرتز شکاف ایجاد کرده است.



شکل ۱-۷-آنتن مونوپل مسطح فشرده UWB و افت بازگشتی آن [۹].

۱-۸-کاربردهای آنتن‌های UWB

از زمانی که FCC طیف بسیار وسیعی را با الگو تشعشعی برای کاربردهای تجاری با پهنای باند فوق العاده بالا (UWB) در سال ۲۰۰۲ اختصاص داد، تلاش‌های بسیار زیادی برای تحقیق و توسعه طراحی آنتن‌های UWB برای کاربردهای مختلف مانند تصویربرداری، ارتباطات و شبکه‌های محلی بی‌سیم و سیستم‌های رادار صورت گرفته است [۱۰]. در سیستم‌های UWB، یکی از ملاحظات طراحی آنتن، به شدت بستگی به طرح کاربردی آن دارد، که سیستم UWB در آن استفاده می‌شود.

^۱ Wireless Local Area Network

دو نوع سیستم UWB می‌تواند استفاده شود، سیستم انتقال دهنده مبتنی بر پالس که هر پالس پهنای باند UWB را اشغال می‌کند و سیستم حامل مبتنی بر مالتی پلسینگ، تقسیم-فرکانسی قائم (MB-OFDM^۱) چندباند [۶].

عموما سیستم‌های MB-OFDM UWB به آنتن‌هایی نیاز دارند که پاسخ پهن باند در تلفات بازگشتی داشته باشند. چنین نیازهایی تقریبا همانند سیستم‌های بی‌سیم متداول است، اما به پهنای باند فوق العاده زیاد ۵۰ تا ۱۰۰ درصد با پاسخ بهره کافی نیازمند است.

بهر حال، توجه ویژه‌ای باید به سیستم‌های UWB مبتنی بر پالس بشود که آنتن UWB معمولا به عنوان یک فیلتر میان گذر عمل می‌کند و طیف‌ها را بگونه‌ای سازمان دهیم که پالس‌های تشعشع شده و دریافت شده اعوجاج نیابد.

علاوه بر آن، طراحی آنتن بستگی به کاربرد دارد. برای مثال، در وسایل قابل حمل، آنتن‌ها باید اندازه کوچکی داشته باشند و تشعشع سه بعدی همه جهته را دارند.

می‌توان کاربردهای آنتن‌های UWB را به صورت زیر دسته بندی کرد:

- سیستم ارتباطات بی‌سیم با سرعت بالا و پایین
- سیستم رادار وسایل نقلیه
- سیستم‌های تصویربرداری

۱-۸-۱-ارتباطات با نرخ داده بالا

این کاربردها یک نیاز مشترک با نرخ داده بالا را به اشتراک می‌گذارند و می‌توانند در فضای یک اتاق عمل کنند (معمولا فاصله‌ای کمتر از (۱۰ متر) نرخ داده‌ها برای طرح‌های ارتباطات با نرخ داده بالا بین

^۱ Multi Band orthogonal frequency-division multiplexing

100¹Mbps تا سطوح بالاتر از 1²Gbps (در حال توسعه) می‌باشد. کاربردهایی با نرخ داده بالا، در محدوده فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز گرد آمده است. این طیف بخشی از اختصاص FCC برای باند UWB است و اساس سایر قانون گذاری‌ها می‌باشد [۱۱].

کاربردهای ارتباطات با نرخ داده بالا می‌تواند به گروه‌های زیر نیز تقسیم شود، انتقال فایل، جریان ویدئو جریان صوت. در کاربردهای با نرخ داده بالا، سیر تکاملی وجود دارد. اولین آنها حذف کابل‌ها و جایگزینی آنها با اتصالات بی‌سیم پرسرعت است. دومین مورد این است که UWB یک زیربنای بی‌سیم پرسرعت با محدوده کم است که تجهیزات متحرک را به یکدیگر متصل می‌کند که محدوده وسیعی از مدل‌های جدید را میسر می‌سازد که بدون آن قابل تصور نمی‌باشد. همانطور که اینترنت، PC^۳ها را به یکدیگر متصل نموده است UWB وظیفه مشابهی را برای تجهیزات متحرک انجام خواهد داد.

۱-۸-۲- ارتباطات با نرخ داده پایین

کاربردهای نرخ داده پایین می‌تواند در شبکه‌های سنسور استفاده شود، که سنسورهای با توان پایین و ارزان درون ساختمان، در کارخانه، در مزارع و سایر مکان‌ها، بسط داده شود. عموماً، این کاربردها شامل انتقال حجم پایینی از اطلاعات بین فرستنده و گیرنده‌های باطری‌دار است. نظارت بر محیط‌هایی که دسترسی انسان به آن ساده نمی‌باشد می‌تواند با توسعه‌ی شبکه‌های سنسوری انجام شود. شباهت رفتار نوپز مانند سیستم‌های UWB، سیستم‌هایی UWB با امنیت بالا ایجاد می‌کند. این ویژگی‌ها ضروری هستند، نه تنها برای سیستم‌های هشدار امنیتی معمول، بلکه برای WBAN^۴ به خاطر معماری ساده و هزینه پایین فرستنده و گیرنده، می‌توان در تجهیزات بسیاری از آن استفاده نمود. راهکارهای Indoor

^۱ Mega Bits per Second

^۲ Giga Bits per Second

^۳ Personal Computer

^۴ Wireless Body Area Network

امروزه از رهیافت‌های مادون قرمز و مافوق صوت استفاده می‌کنند. مادون قرمز نیاز به انتشار خط دید مستقیم دارد که نمی‌توانند تضمین شود، و مافوق صوت دارای این عیب است که نفوذ پایینی دارد.

۱-۸-۳- تصویربرداری

سومین گروه کاربردی اصلی تصویربرداری است. گروه تصویربرداری شامل رادار نفوذی در زمین (GPR)^۱، تصویر برداری میان دیوار، تصویربرداری دورن دیوار و محیط‌های امنیتی است. رادار نفوذی در زمین توسط صنایع همگانی و کمپانی‌های سازنده و معمارانی که اهدافی را در سطح زمین جستجو می‌کنند، استفاده شده است. تصویربرداری از میان دیوار توسط پلیس و ارتش استفاده می‌شود. تصویربرداری درون، برای جستجوی لوله‌ها و عناصر مخفی دیگر مانند سیم‌کشی در دیوار استفاده می‌شود. محیط‌های امنیتی از ویژگی UWB برای برپا نمودن دیوار مجازی استفاده می‌کنند.

۱-۸-۴- رادار اتومبیل

در یکی از این کاربردها، UWB به عنوان یک رادار برای تحریک نمودن ترمز اتومبیل در برخورد قریب الوقوع استفاده می‌شود. مانند GPR، رادار اتومبیل برای تصویربرداری و نه ارتباطات استفاده می‌شود. علاوه بر آن، رادار اتومبیل تنها فرمی از UWB است که اخیراً از باند ۲۴ گیگاهرتز استفاده می‌کند.

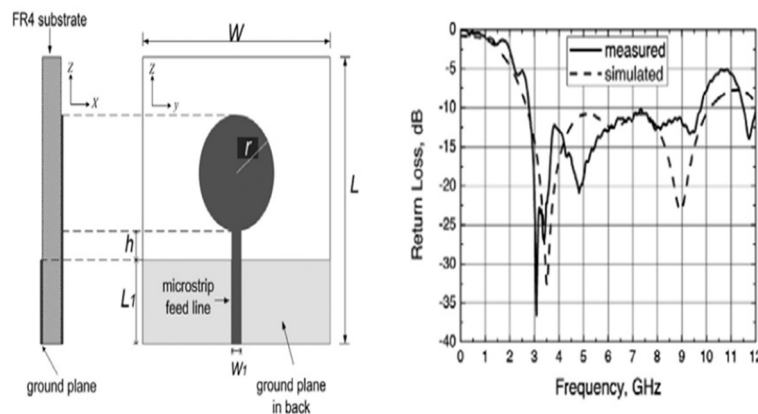
۱-۹- مروری بر تحقیقات انجام گرفته بر روی آنتن‌های UWB و لزوم استفاده

از آنتن‌های ریزنواری [۱۲]

بدیهی است که در دوره‌ی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، تلاش‌های بسیاری برای درک نیازهای ویژه‌ی آنتن‌ها در سیستم‌های UWB جدید صورت گرفته است. مقالات زیادی در زمینه چگونگی مدل کردن و توصیف آنتن‌ها در یک سیستم بحث کرده اند. پس از سال ۲۰۰۴، کاربردها بیشتر بر روی ارتباطات داده با نرخ

^۱ Ground-penetrating radar

بالا و پایین، سیستم موقعیت Indoor، و سیستم‌های تصویربرداری راداری متمرکز شده است. در نتیجه، تحقیق و توسعه آنتن بیشتر بر روی مباحث عملی متمرکز شده است. طرح‌های سه بعدی، برای مثال، bio-conical و آنتن‌های حلزونی و مستقل از فرکانس، عملکرد تشعشعی پایدار دارند، اما معمولاً اندازه بزرگی دارند و بدلیل عدم مجتمع‌سازی این آنتن‌ها با بردهای چاپی، یک راه حل جایگزین کردن طرح‌های سه بعدی، استفاده از آنتن‌های مسطح می‌باشد. آنها تقریباً عملکرد امپدانس و تشعشعی مانند طرح‌های سه بعدی دارند اما اندازه کوچکتر، فشرده و ساخت آسانی دارند. آنها بیشتر برای تست، رادار و ایستگاه‌های ثابت در سیستم‌های UWB مختلف استفاده می‌شوند. یکی از این آنتن‌ها، آنتن مونوپل دیسک دایروی چاپی است (شکل ۱-۸) که پهنای باند آنتن ۲/۹۶ تا ۱۰/۱۶ گیگاهرتز نشان داده شده است که طرح بهینه‌ی این نوع آنتن می‌تواند پهنای باند بالایی، به همراه خصوصیات تشعشعی ارضا کننده داشته باشد. علاوه بر آن، شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که آنتن مونوپل مورد نظر غیر متفرق کننده است که در سیستم‌های UWB بسیار مهم است.



شکل ۱-۸- آنتن مونوپل دیسک دایروی چاپی همراه با نمودار افت برگشتی [۱۲].

در آینده نزدیک، تحقیقات آنتن‌های UWB بر روی کاربردهای تجاری و سیستم‌ها متمرکز می‌شود. برای مثال، اتصال بی سیم بسیار Indoor بین لپ تاپ‌ها یا وسایل ثابت مانند پرینترها، دوربین‌های دیجیتال و غیره، سیستم‌های ایستگاه‌های پایه و سیستم‌های تصویربرداری پزشکی. از طرف دیگر،

محققان و طراحان هنوز با مباحث چالش برانگیزی مانند توسعه فناوری برای کوچک کردن روبرو هستند.

فصل دوم :

روش‌های افزایش پهنای باند و

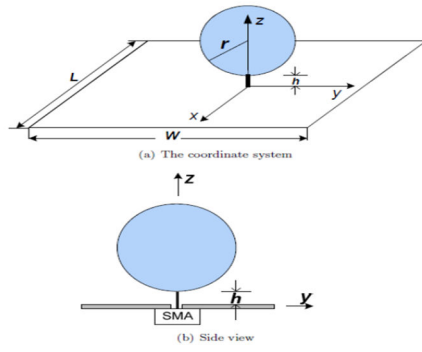
حذف باندهای متداخل در

آنتن‌های ریزنواری

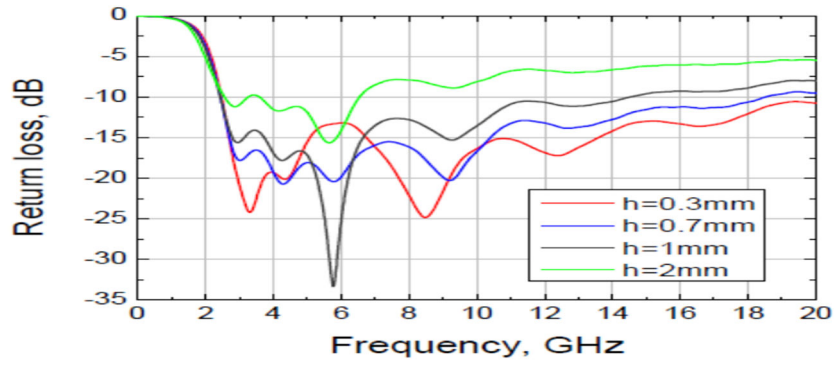
همانند سیستم‌های باند باریک، در سیستم‌های UWB آنتن کلید اصلی برای هر سیستم UWB است. چندین روش برای افزایش پهنای باند آنتن استفاده می‌شود. در آنتن‌های تشدیدی، بهبود پهنای باند با پایین آوردن ضریب کیفیت آنتن انجام می‌شود. اما این افزایش ضریب کیفیت، به کاهش بازده و بهره منجر می‌شود. با روی هم انداختن چند فرکانس، عملکرد باند وسیع و چند بانندی قابل حصول است. اما دستیابی به عملکرد UWB با مشخصه تشعشعی ثابت و استفاده از چند عنصر تشعشعی مشکل است. در این فصل راه‌های مختلف افزایش پهنای باند، مانند ایجاد شکاف در ساختار زمین، استفاده از پیچ‌های باز شونده پلکانی، استفاده از ساختارهای فرکتالی به همراه نحوه ایجاد عملکرد فیلتر در ساختار آنتن شرح شده است.

۲-۱- آنتن تک قطبی صفحه‌ای با دیسک دایروی

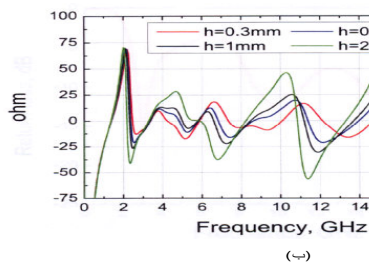
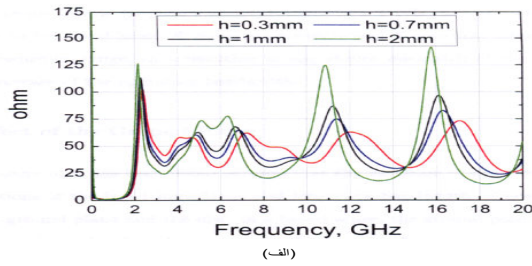
آنتن‌های تک قطبی صفحه‌ای، آنتن‌هایی هستند که به علت فرم و ساختاری ساده از معروفیت خاصی برخوردارند. یکی از مورد توجه‌ترین این آنتن‌ها، آنتن با دیسک دایروی می‌باشد [۱۳]. پیکربندی این آنتن در شکل ۲-۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که از شکل پیداست بین پیچ تشعشعی و صفحه زمین فاصله هوایی h قرار گرفته که در بررسی عملکرد آنتن نقش مهمی دارد. تأثیر این پارامتر در افت برگشتی در شکل ۲-۲ آورده شده است. با افزایش h ، پهنای باند آنتن به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. در شکل ۲-۳ امپدانس ورودی آنتن (حقیقی و موهومی) در حضور افزایش ارتفاع به تصویر کشیده شده است. چگالی جریان سطحی در بعضی از فرکانس‌های انتخابی و شدت میدان مغناطیسی در شکل ۲-۴ رسم شده است.



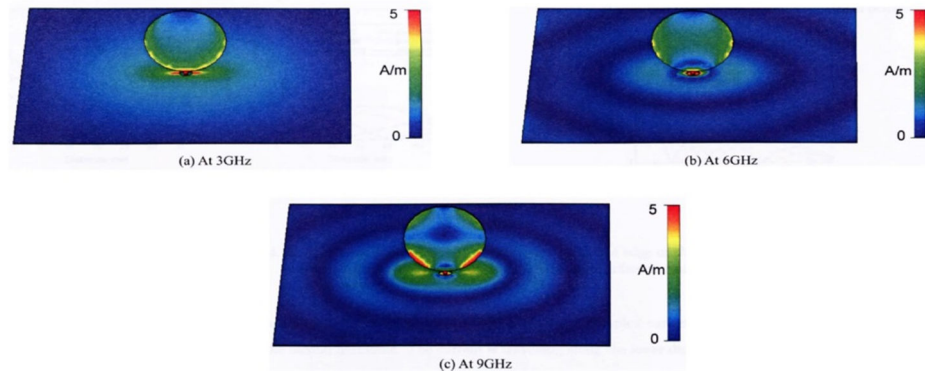
شکل ۱-۲- آنتن تک قطبی صفحه‌ای با دیسک دایروی [۱۳].



شکل ۲-۲- تأثیر افزایش ارتفاع (h) بر افت برگشتی [۱۳].

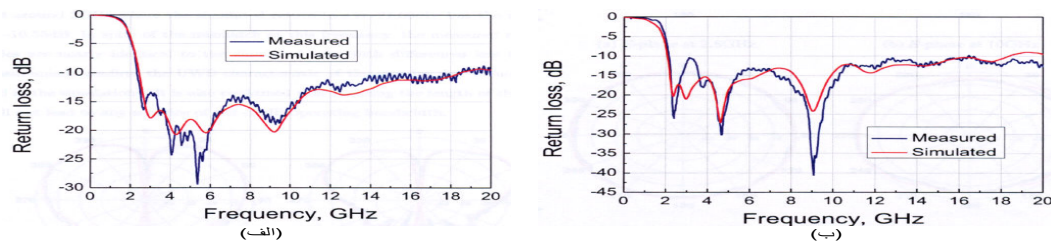


شکل ۳-۲- امپدانس ورودی آنتن با تغییر ارتفاع (الف) امپدانس حقیقی، (ب) امپدانس موهومی [۱۳].



شکل ۲-۴- توزیع جریان سطحی در سطح آنتن [۱۳].

همانطور که از شکل فوق مشهود است توزیع جریان در صفحه‌ی زمین در راستای محور Y متمرکز است و این نشان می‌دهد تغییر طول آنتن، که در راستای محور X قرار گرفته است در پهنای باند آنتن تاثیری ندارد. نهایتاً افت برگشتی آنتن برای دو مقدار مختلف L در شکل ۲-۵ نشان داده شده است و پیداست که تغییر طول L در پهنای باند آنتن تاثیری ندارد.



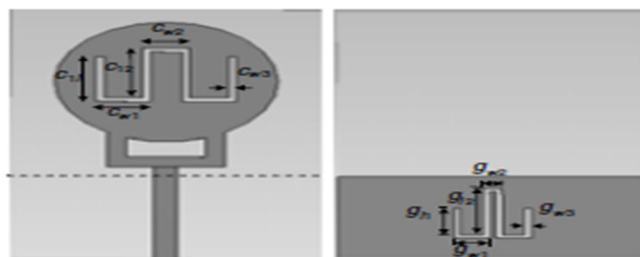
شکل ۲-۵- نتایج ساخت و شبیه سازی افت برگشتی آنتن (الف) $L=100$ ، (ب) $L=10$ میلی‌متر [۱۳].

۲-۲- روش‌های افزایش پهنای باند در آنتن‌های ریزنواری

اگر چه آنتن معرفی شده بخش ۲-۱، دارای پهنای باند امپدانسی خوب بود و همچنین آنتن وابستگی کمی به صفحه زمین خود داشت اما یکی از معایب این نوع آنتن‌ها عدم مجتمع‌سازی این آنتن‌ها با بردهای چاپی بدلیل حجم زیاد می‌باشد. لذا جهت حل این مشکل از آنتن‌های ریزنواری با زمین ناقص استفاده می‌شود. این آنتن‌ها بدلیل مسطح بودن، حجم کم، ساخت آسان و هزینه‌ی ساخت کم در سیستم‌های UWB، چه در بعد تجاری و چه در بعد نظامی در سالیان اخیر بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. در این بخش به مهمترین روش‌های افزایش پهنای باند اشاره می‌شود..

۲-۲-۱۱ استفاده از دو یا سه تغذیه در ساختار پیچ تشعشی

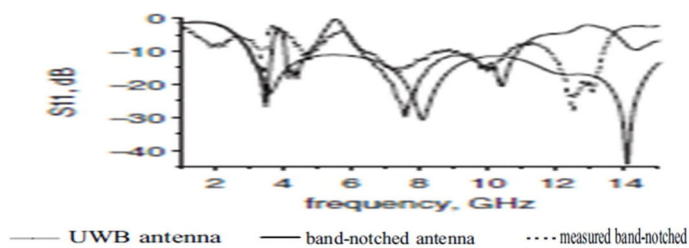
اخیراً، تک قطبی‌های مربعی با تغذیه‌ی دوگانه برای کاربردهای فرا پهن باند ارائه شده‌اند. این تک قطبی یک ساختار تغذیه‌ی بدیع و نو را که شامل یک شبکه‌ی شکافته شده با دو قسمت متقارن در پایه می‌باشد را ارائه می‌کند. این دو قسمت تغذیه‌ی متقارن از تحریک جریان‌های افقی جلوگیری می‌کند و تضمین می‌کند که تنها مد جریان عمودی غالب در ساختار تحریک شود در نتیجه بهبودی در مشخصات قطبش و پهنای باند امپدانسی تک قطبی مربعی حاصل می‌شود. طرح موجود در مرجع [۱۴] یک آنتن مسطح با خاصیت دو حذف باند را معرفی می‌کند (شکل ۲-۶). این آنتن دارای دو شکاف w شکل در صفحه‌ی زمین و پیچ آنتن می‌باشد، که به ترتیب باعث حذف باند متداخل در محدوده‌ی WiMAX و WLAN می‌شود. همچنین این آنتن برای افزایش پهنای باند خود از یک شبکه‌ی تغذیه‌ی متقارن دوتایی استفاده کرده است. این شبکه‌ی دوتایی تغذیه از تحریک مدهای افقی جلوگیری کرده و تنها مدهای جریان عمودی را تحریک می‌کند در نتیجه این باعث همسو شدن مدهای انرژی می‌شود و پهنای باند آنتن افزایش می‌یابد. شکل ۲-۷، $VSWR$ ^۱ حاصل از شبیه‌سازی با و بدون ناچ ^۲ و اندازه‌گیری آنتن نهایی با دو باند ناچ را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶- هندسه آنتن ارائه شده [۱۴].

^۱ Voltage Wave Stand Ratio

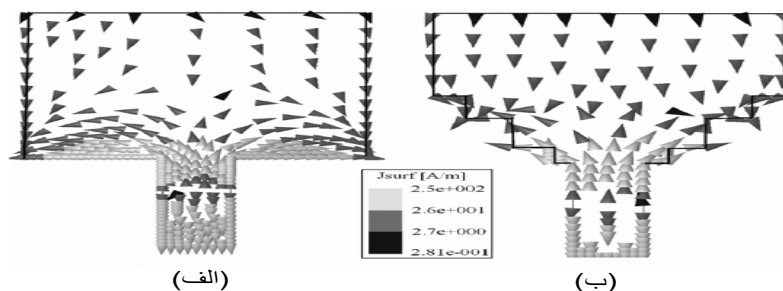
^۲ Notch



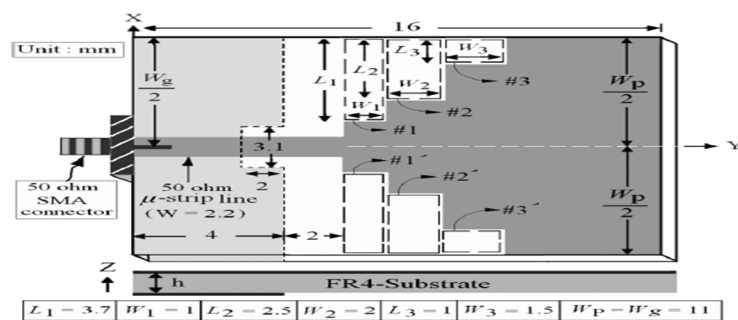
شکل ۷-۲- نتایج ساخت و شبیه‌سازی افت برگشتی آنتن [۱۴].

۲-۲-۲- استفاده از پچ‌هایی با تغییرات پلکانی

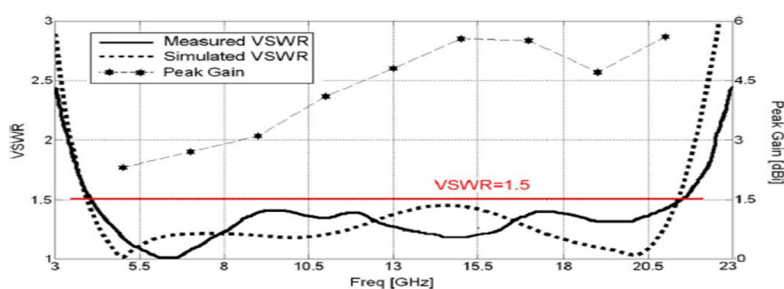
در عمل، یکی از مهمترین محدودیت‌های پهنای باند، انتقال مسیر سیگنال از ریزنواری به پچ می‌باشد. شکل ۸-۲ (الف) جریان سطحی در یک پچ تشعشعی پایه را نشان می‌دهد. در مرجع [۱۵] ابتدا یک آنتن با پچ مربعی ایجاد شده است. همانطور که از شکل ۸-۲ (الف) استنباط می‌شود به علت بوجود آمدن یک تغییر سریع در جریان سطحی، پهنای باند امپدانسی آنتن دچار افت می‌شود. نویسندگان مرجع [۱۵] با استفاده از تغییرات پله‌ای (شکل ۸-۲ (ب)) و ایجاد عدم پیوستگی‌های متوالی در پچ تشعشعی توانسته‌اند، تطبیق امپدانس مناسب ایجاد کنند و با ایجاد تشدید در فرکانس‌های بالا به پهنای باند ۱۳۸٪ از فرکانس ۳/۹ تا ۲۱/۴ گیگاهرتز برای $VSWR$ کمتر از ۱/۵ دست یافته‌اند. هندسه آنتن به همراه افت برگشتی در شکل ۹-۲ و توزیع جریان آنتن در شکل ۸-۲ آورده شده است.



شکل ۸-۲- توزیع جریان آنتن (الف) آنتن با پچ مربعی ساده، (ب) آنتن با پچ پلکانی [۱۵].



(الف)



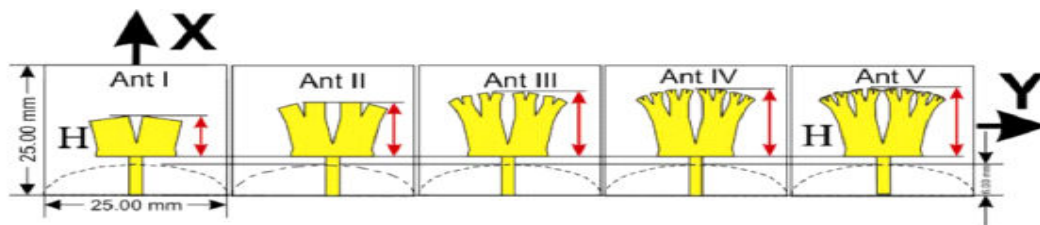
(ب)

شکل ۹-۲-الف) هندسه آنتن مرجع، (ب) افت برگشتی [۱۵].

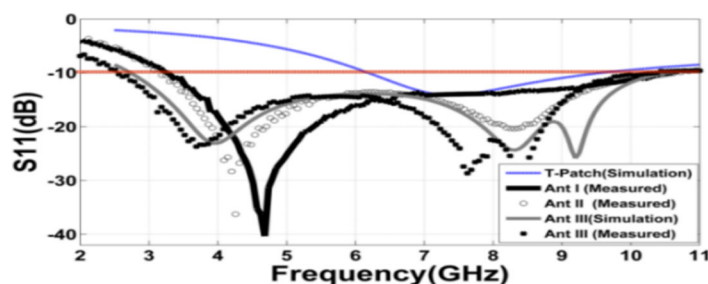
۲-۳- استفاده از ساختارهای فراکتالی

عبارت فراکتال در سال ۱۹۷۵ از کلمه لاتینی Fractus (سرسخت، چموش) به معنی broken بریده، بریده) گرفته شد. ماندلبرت رابطه میان فراکتال‌ها و طبیعت را با استفاده از اکتشافات Pierre Fatou، Gaston Julia و Felix Hausdorff بررسی کرد [۱۶]. او نشان داد که فراکتال‌های زیادی در طبیعت وجود دارند و آن فراکتال‌ها می‌توانند بطور دقیقی پدیده‌های طبیعی را مدل کنند. او گونه‌های جدیدی از فراکتال‌ها را برای مدل کردن ساختارهای بسیار پیچیده مانند درختان، کوه‌ها معرفی کرد و کار او زمینه‌های مطالعاتی فراکتال‌ها را ایجاد کرد. ماندلبرت یک فراکتال را بعنوان یک شکل هندسی ناصاف و کج تعیین کرد که می‌تواند به قطعات کوچکتر تقسیم شود که هر کدام یک کپی در اندازه کوچکتر از کل است. اگرچه معیار مشخصی بعنوان آنچه که فراکتال‌ها را وضع می‌کند وجود ندارد، اما یک تعداد خصیصه و ویژگی‌هایی وجود دارد که فراکتال‌ها را مشخص می‌کند.

در مرجع [۱۶] آنتنی با فراکتال فیثاغورث جهت کاربرد در سیستم‌های فرا پهن باند معرفی شده است. آنتن مذکور دارای ساختار ریزنواری با استفاده از یک نوع فراکتال جدید با نام modified (MPTF) Pythagorean three fractal یا فراکتال تغییر یافته درختی فیثاغورث، که پیش از این به دلیل پیچیدگی مورد توجه قرار نگرفته بود، استفاده کرده و به بررسی رفتار آن در آنتن مونوپل چاپی می پردازد. نتایج نشان می‌دهد، که با افزودن فراکتال مذکور MPFT به پچ T شکل مرسوم، نه تنها پهنای باند افزایش می‌یابد بلکه تشدیدهای جدیدی نیز ایجاد خواهد شد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، که با افزودن دفعات تکرار فراکتال تغییر یافته فیثاغورث درختی، تشدیدهای جدیدی ایجاد خواهد شد که، نشان از خاصیت خود تشابهی این فراکتال داشته است. آنتن مذکور علاوه بر این نتایج منحصر بفرد دارای ابعاد کوچک 25×25 میلی‌متر با ضخامت یک میلی‌متر بوده و عملکرد آن محدوده فرکانسی $2/6$ تا $11/12$ گیگاهرتز را برای $VSWR$ کمتر از دو پوشش می‌دهد. هندسه آنتن به همراه پاسخ فرکانسی در شکل ۲-۱۰ ترسیم شده است.



(الف)

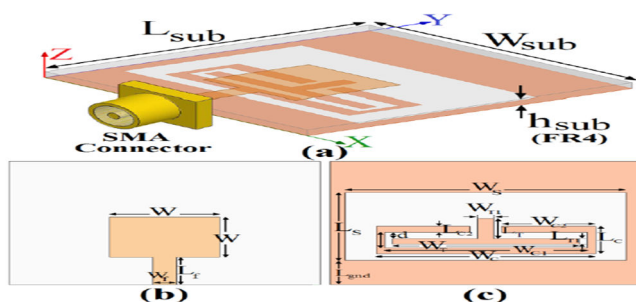


(ب)

شکل ۲-۱۰- (الف) هندسه آنتن با فراکتال درختی فیثاغورثی، (ب) پاسخ فرکانسی [۱۶].

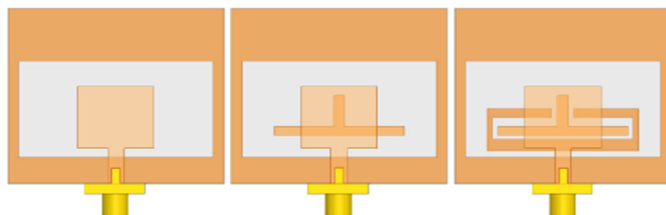
۲-۲-۴- استفاده از تشدیدگر نیم موج جهت ایجاد تشدیدهای جدید

در مرجع [۱۷] آنتن شکاف دار مستطیلی با خاصیت حذف دو باند متداخل با ابعاد کوچک معرفی شده است. در شکل ۲-۱۱ برای پوشش محدوده‌ی UWB و افزایش پهنای باند آنتن از یک تشدیدگر نیم موج T شکل در صفحه‌ی زمین استفاده کرده است. در این آنتن ابتدا یک آنتن شکاف دار با یک پچ مستطیلی طراحی شده است که محدوده‌ی UWB را پوشش نمی‌دهد لذا برای پوشش محدوده‌ی UWB و افزایش پهنای باند آنتن از یک تشدیدکننده نیم موج T شکل در صفحه‌ی زمین استفاده شده است که با ایجاد تشدید در فرکانس ۱۱ گیگاهرتز پهنای باند افزایش پیدا می‌کند. در مرحله بعد برای حذف باند متداخل از یک نوار C شکل در اطراف تشدیدگر T شکل استفاده شده است. مراحل طراحی و نتایج VSWR آن در شکل ۲-۱۲ و شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است.

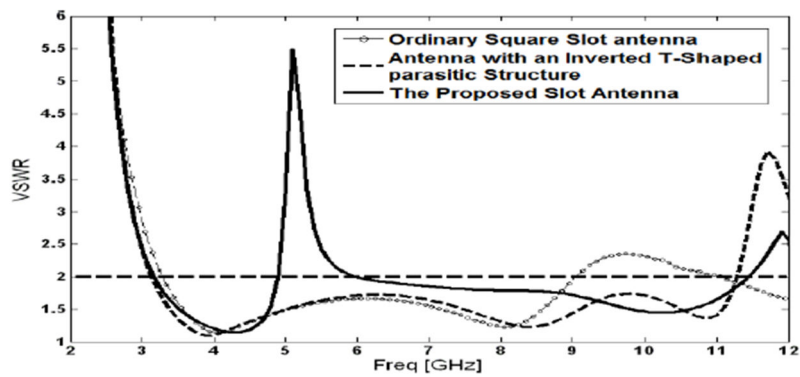


شکل ۲-۱۱- ساختار آنتن ارائه شده [۱۷].

این حذف باند متداخل در این ساختار بصورت متغییر می‌باشد که با تغییر مقدار d ، فرکانس مرکزی باند حذف، شیفت پیدا می‌کند. لذا با تغییر d می‌توان یکی از باندهای متداخل WLAN و WiMAX را حذف کرد.



شکل ۲-۱۲- مراحل طراحی آنتن [۱۷].

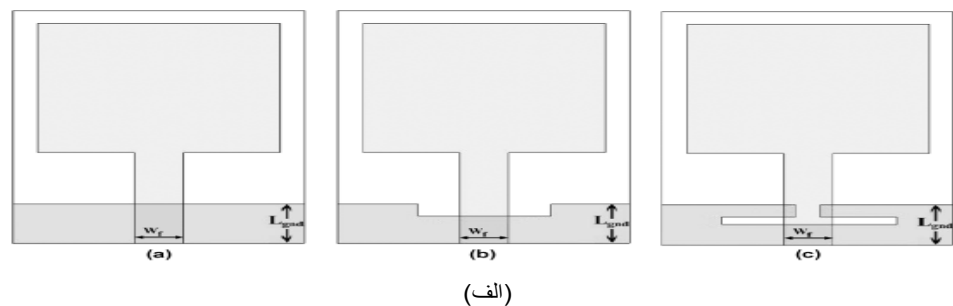


شکل ۲-۱۳- VSWR حاصل از مراحل طراحی آنتن [۱۷].

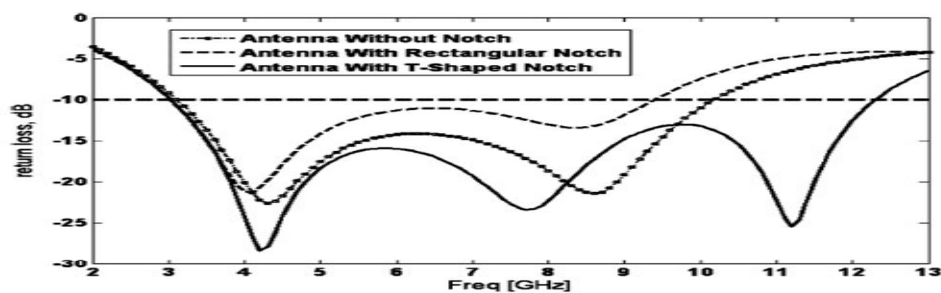
۲-۲-۵- تصحیح ساختار زمین

امروزه استفاده از ساختار زمین جهت افزایش پهنای باند، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است در این حالت صفحه زمین به عنوان یک آنتن ریزنواری شکافدار بطور مستقل تشدید می‌کند. صفحه زمین تغییر شکل یافته به عنوان شبکه تشدیدگر دوم، بطور موازی با شبکه تشدیدگر اول (پچ^۱ تشعشعی) عمل می‌کند. به علت کوچک بودن ابعاد شکافها تشدید تولیدی آنها در فرکانس‌های بالاتر نسبت به فرکانس‌های پچ تشعشعی می‌باشد.

در مرجع [۱۸] با ایجاد یک شکاف T شکل در ساختار زمین و با ایجاد تشدید در فرکانس‌های بالا، پهنای باند امپدانسی آنتن افزایش پیدا کرده است. مراحل ایجاد شکاف و تأثیر این شکافها بر منحنی افت برگشتی آنتن در شکل ۲-۱۴ نشان داده شده است.



^۱ Patch



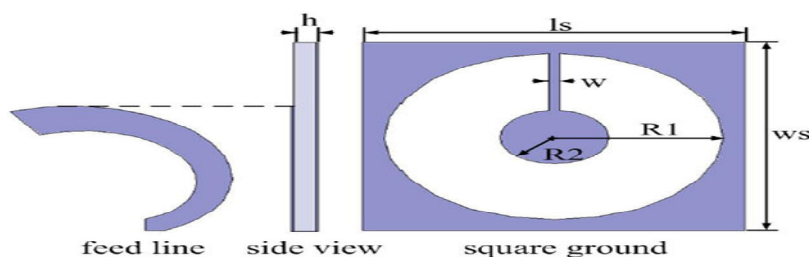
(ب)

شکل ۲-۱۴-الف) مراحل ایجاد شکاف در آنتن مرجع، (ب) تأثیر شکاف‌ها بر افت برگشتی [۱۸].

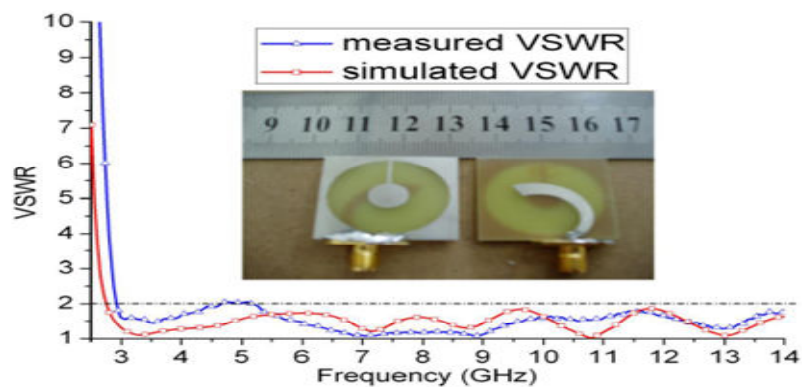
همانطور که از شکل فوق مشهود است با قرارگیری شکاف T شکل در ساختار زمین یک تشدید در فرکانس ۱۱ گیگاهرتز ایجاد شده که پهنای باند آنتن، طیف فرکانسی UWB را به خوبی پوشش می‌دهد.

۲-۲-۶-تغییر در ساختار تغذیه

همانطور که ذکر شد تغییر در ساختار زمین باعث افزایش پهنای باند می‌شود. به همین صورت تغییر در نحوه‌ی تغذیه آنتن می‌تواند نقش مهمی در بهبود پهنای باند امپدانسی آنتن داشته باشد. به عبارت دیگر با تغییر در ساختار تغذیه، میزان تزویج خط تغذیه با زمین آنتن تغییر می‌کند و می‌توان به پهنای باند مورد نظر دست یافت. در مرجع [۱۹] به جای استفاده از خط مستقیم و مرسوم در تغذیه آنتن‌های شکاف‌دار از خط تغذیه مارپیچی هم زاویه استفاده شده است. طبق ادعای نویسندگان بعلت آنکه ساختارهای مارپیچ مستقل از فرکانس هستند لذا پهنای باند وسیعی از آنتن انتظار می‌رود. هندسه آنتن به همراه پاسخ فرکانسی در شکل ۲-۱۵ نمایش داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۲-۱۵-الف) هندسه آنتن با تغذیه ماریچی، (ب) پاسخ فرکانسی آنتن [۱۹]. ارائه روش‌های مختلف جهت ایجاد عملکرد فیلتر در آنتن‌های ریزنواری (آنتن پایه طراحی شده)

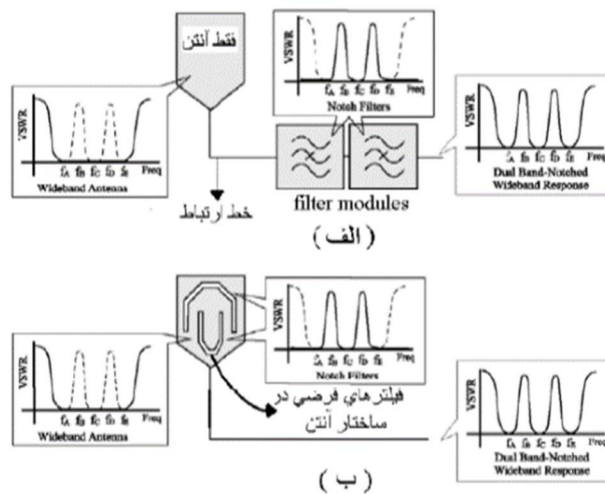
در حال حاضر، سیستم‌های مخابراتی مدرن امروز و نسل آینده بیشتر بر روی طراحی آنتن‌های نسل جدید متمرکز شده‌اند. اکنون سیستم‌های زیادی در دو یا چندین باند فرکانسی کار می‌کنند که به طور حتم نیازمند به کارگیری آنتن‌های چند بانده می‌باشند.

یک روش معمول برای بدست آوردن حالت چند بانده در آنتن‌ها، طراحی یک نوع آنتنی است که ذاتاً تشدیدی باشد و در ساختار خود چند باند فرکانسی را پوشش دهد. به معنای دیگر در خود ساختار آنتن چند بخش تشدیدگر مجزا وجود داشته باشد که تمامی باندهای مورد نظر را تحت پوشش قرار دهد در این حالت یک مشکل وجود خواهد داشت و آن این است که بخش‌های مختلف تشدیدگر روی هم تداخل خواهند داشت و کمی عملکرد کلی آنتن را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

در حالت کلی این مشکل بدین صورت بیان می‌شود که در ساختار چند تشدیدی وجود تزویج‌های متقابل بین هر یک از بخش‌های تشدیدی باعث تخریب عملکرد هر یک از عناصر تشدیدی و در کل، عملکرد آنتن خواهد شد. روش دیگر برای دستیابی به آنتن چند بانده، طراحی یک آنتن پهن باند به همراه فیلترهای مختلف بطور موازی در کنار آن است. با توجه به این شکل، مسیرهای مختلف دستیابی به آنتن چند بانده با استفاده از عناصر فیلتری را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد عبارتند از:

۱- همانند شکل ۲-۱۶ (الف)، در ابتدا یک آنتن صرفاً پهن باند با پهنای فرکانسی محدود بین F_A ، F_E در نظر گرفته می‌شود. سپس این آنتن با استفاده از یک خط انتقال به مدل‌های فیلترینگی که در نظر گرفته شده در ادامه مسیر وصل می‌شود و در نهایت خروجی این دو بخش متصل به هم معادل یک آنتن پهن باند با دو ناحیه فیلتر شده است. توجه کنید که مدل‌های فیلترینگی استفاده شده دارای فرکانس‌های فیلترینگی مفروضی در F_D, F_B می‌باشند که به طور حتم باید در محدوده طیف فرکانسی آنتن نخستین باشند. همچنین، در این روند، منظور از مدل‌های فیلتری همان مدارات مجتمعی می‌باشند که خاصیت فیلترینگی دارند و مثلاً روی برد مدار چاپی به خروجی یا ورودی آنتن متصل می‌شوند. در واقع در این حالت، هزینه‌های ساخت به علت استفاده کردن مدارات فیلترکننده به صورت مجزا در کنار آنتن افزایش می‌یابند.

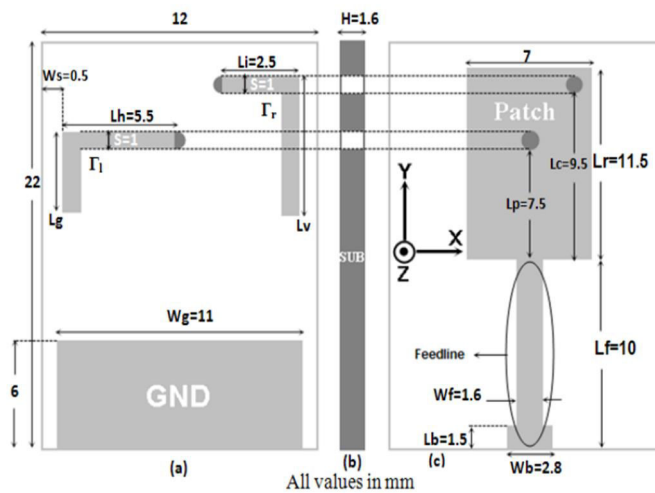
۲- روش دوم حالتی است که در شکل ۲-۱۶ (ب) مشخص شده است. در این حالت ما با طراحی یک آنتن با قابلیت چند کاره بودن روبرو هستیم. همانطور که از شکل مشاهده می‌شود، آنتن مورد نظر به نوعی طراحی می‌شود که همزمان بتواند یک محدوده فرکانسی بسیار وسیعی را پوشش دهد و از طرفی دیگر با ویژگی‌های ساختاری خود دو یا چند باند فرکانسی خاصی را فیلتر کند. در واقع در این حالت، بخش‌های جدیدی به ساختار خود آنتن اضافه می‌شوند که عملکردشان بصورت موازی با سیستم آنتن می‌باشد و در فرکانس‌های خاصی شروع به تشدید می‌کنند و با توجه به نوع طراحی آنها، با تشعشع حاصل از خود آنتن در آن فرکانس خاص مخالفت می‌کنند. بدین ترتیب محدوده‌های خاصی از طیف فرکانسی کلی آنتن حذف می‌شوند و یا با دیدگاهی دیگر یک آنتن چند بانندی در نهایت به دست می‌آید که به طور حتم هزینه ساخت پایینی خواهد داشت [۲۰].



شکل ۲-۱۶- ساختار کلی آنتن پهن باند با فیلتر دو باندهی برای حالات الف) آنتن پهن باند متصل به مدل‌های فیلتری، ب) آنتن پهن باندی که بخش‌های فیلتری را در داخل ساختار خود دارد [۲۰].

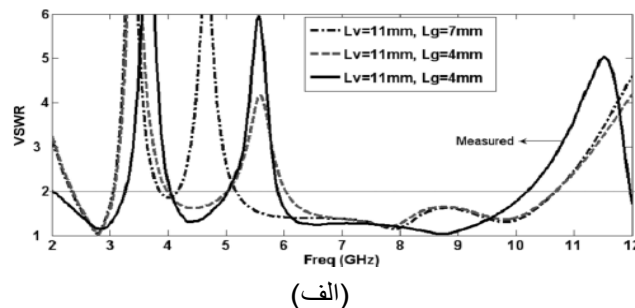
۲-۲-۷- استفاده از Via

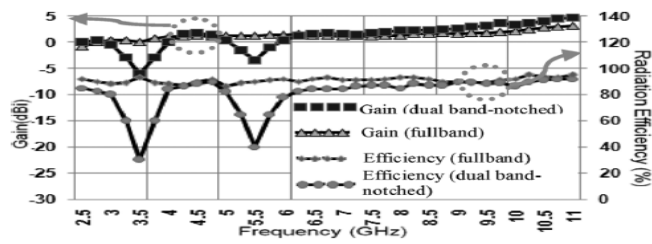
در مباحث قبلی دیدیم که آنتن‌های تک قطبی چایی بیشتر در سیستم‌های UWB کاربرد دارند. در طیف فرکانسی این سیستم‌ها، سیستم‌های دیگری نیز از جمله WiMAX, WLAN وجود دارند که به طور حتم موجب تداخل الکترومغناطیسی و تضعیف عملکرد سیستم اصلی UWB خواهند شد. بنابراین طراحی یک آنتن بسیار پهن باند که در ابتدا بتواند محدوده‌ی مورد نیاز برای سیستم UWB را پوشش دهد و در نهایت بتواند محدوده‌های فرکانسی مربوط به سیستم‌های مذکور را فیلتر کند، بسیار لازم و ضروری است. مطالعه روی این مبحث بسیار جدید می‌باشد و در سال‌های اخیر به دلیل نیازهای حال حاضر بسیار رونق یافته است. یکی از جدیدترین روش‌ها برای ایجاد عملکرد فیلتر، استفاده از عنصر پارازیتی است که از طریق via به پچ تشعشی تزویج شده است [۲۱]. در این حالت نه تنها زمین آنتن سالم می‌ماند بلکه از پچ تشعشی برای ایجاد عملکرد فیلتر در باندهای دیگر نیز می‌توان بهره برد. ساختار آنتن پیشنهادی در شکل ۲-۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۷-آنتن مرجع [۲۱] جهت ایجاد عملکرد فیلتر.

همانطور که از شکل ۲-۱۷ پیداست دو استاب L شکل معکوس در پشت زیر لایه قرار داده شده است و به وسیله دو پین استوانه‌ای عبور کننده از درون زیر لایه به پچ تشعشی متصل می‌شوند. طول این استاب‌ها محل ناچ ایجاد شده را کنترل می‌کند. با ثابت نگه داشتن طول یک استاب و تغییر طول استاب دیگر می‌توان فاصله فرکانسی دو ناچ را تغییر داد. با تنظیم مناسب طول این استاب‌ها، دو ناچ ایجاد شده، ترکیب شده و یک ناچ منفرد تشکیل می‌شود. با تغییر عرض دو استاب می‌توان پهنای باند ناچ‌های ایجاد شده را کنترل کرد. نسبت موج ساکن برای مقادیر مختلف L_g و بهره و کارایی آنتن در شکل ۲-۱۸ (الف)، (ب) آورده شده است.



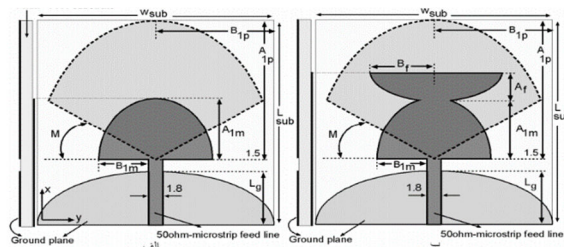


(ب)

شکل ۲-۱۸-الف) نسبت موج ساکن در آنتن، (ب) بهره آنتن به همراه کارایی [۲۱].

۲-۲-۸- استفاده از عنصر پارازیتی

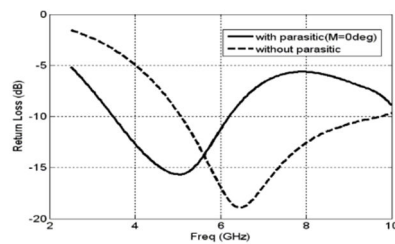
مرجع [۲۲] یک آنتن تک قطبی ترکیبی بیضوی مسطح با تزویج الکترومغناطیسی برای کاربرد UWB را معرفی می‌کند. شکل‌های ۲-۱۹-الف و ۲-۱۹-ب ساختار آنتن تک قطبی ترکیبی UWB با و بدون ساختار فیلتر مربوطه را نشان می‌دهد طبق ادعای نویسندگان، در طراحی اولیه این آنتن توجه شده است که عنصر تشعشی اصلی به صورت تک تشدید کار کند تا عملکرد آن مانع درک عملکرد عنصر تشعشی پارازیتی نشود.



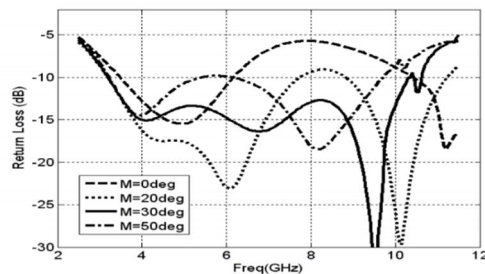
شکل ۲-۱۹-الف) آنتن UWB بدون ساختار فیلتر، (ب) به همراه ساختار فیلتر [۲۲].

برای اینکه در ابتدا بتوان درک بهتری از عملکرد عنصر پارازیتی پیدا کرد، در شکل ۲-۲۰ مقایسه‌ای بین نمودار تلفات بازگشتی با و بدون عنصر پارازیتی صورت گرفته است. با گذاشتن عنصر پارازیتی زیر عنصر اصلی، توزیع میدان آنتن به هم خورده است. از این رو انتظار می‌رود که مشخصات امپدانسی آنتن نیز تغییر کرده و فرکانس لبه پایین باند کاهش پیدا کند. در شکل ۲-۲۰ دیده می‌شود که با گذاشتن عنصر پارازیتی فرکانس لبه پایین باند از ۵/۵ به ۳/۴ گیگاهرتز کاهش یافته است.

همانطور که از شکل ۲-۱۹ مشاهده می‌شود لبه پایینی عنصر پارازیتی نیم بیضوی به صورت متقارن با زاویه M برش یافته است. در نتیجه مسیر جریان الکتریکی سطحی قابل تغییر شده و مدهای بالاتر تشدید امکان تحریک پیدا می‌کنند. از این رو انتظار می‌رود که با تنظیم درست زاویه M فرکانس‌های تشدید وابسته به مدهای تشدیدگر ذکر شده تولید شده و باعث بهبود پهنای باند و تطبیق امپدانسی آنتن شوند. با توجه به شکل ۲-۲۱ می‌بینیم که وقتی زاویه M به 20° درجه می‌رسد مد تشدیدگر جدید شروع به تحریک کرده و تشدید جدید تولید می‌شود. با افزایش زاویه M تا 35° درجه فرکانس تشدید جدید تقویت شده و پهنای باند امپدانس افزایش می‌یابد. ولی افزایش بیشتر این زاویه فرکانس‌های تشدید دوم و سوم به هم نزدیک شده و در هم ادغام می‌شوند و در نتیجه تطبیق امپدانس به هم می‌خورد. از شکل ۲-۲۱ برمی‌آید که در زاویه 30° درجه بهترین حالت تطبیق امپدانس برای باند فرکانسی بین ۳ تا ۱۱ گیگاهرتز فراهم می‌شود.

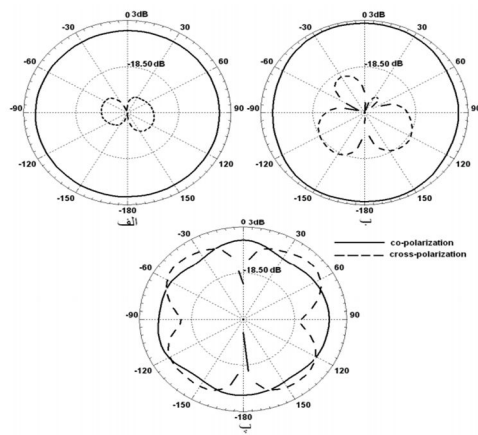


شکل ۲-۲۰- نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن UWB با و بدون عنصر پارازیتی [۲۲].

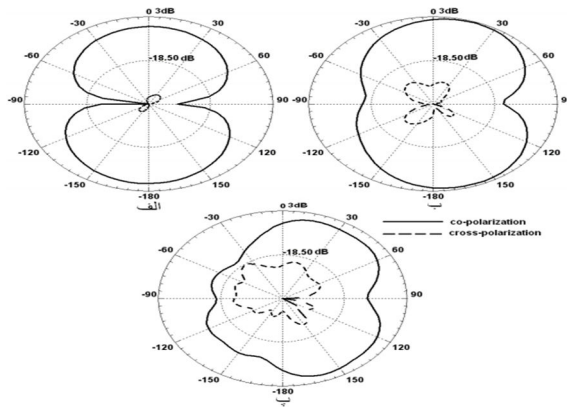


شکل ۲-۲۱- نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن UWB برای مقادیر مختلف زاویه M [۲۲].

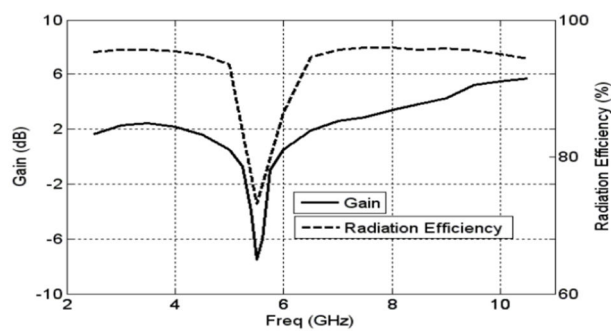
در فرکانس مرکزی باند قطع چگالی جریان در اطراف عنصر پارازیتی بیشتر از سایر نقاط شده و در جهت عکس جریان سطحی عنصر تشعشعی اصلی حرکت می‌کند. به عبارت دیگر با افزایش شعاع اصلی نیم بیضوی (A_{1m}) جریان کوپل شده به عنصر پارازیتی قوی‌تر شده و در نتیجه این عنصر می‌تواند با قدرت قابل قبولی باند ناخواسته را حذف کند. ولی از سویی دیگر با افزایش مستقیم A_{1m} امپدانس ورودی آنتن نیز به هم خورده و در نمودار تلفات بازگشتی آنتن تغییرات ناخواسته‌ای دیده می‌شود. برای حل این مشکل یک عنصر نیم بیضوی دیگر به صورت برعکس و از طریق یک مسیر بسیار باریک به عنصر تشعشعی اصلی متصل شده است. جریان لازم برای عملکرد این عنصر اضافه شده از طریق این مسیر باریک فراهم می‌شود. الگوی تشعشعی آنتن UWB در صفحات H ($y-z$) و E ($x-z$) در سه فرکانس تشدید $3/5$ ، $6/5$ و $9/5$ گیگاهرتز نیز به صورت عملی تست شده و نتایج حاصل از آن که شامل مولفه‌های CO و $CROSS$ می‌باشد، در شکل ۲-۲۳ و ۲-۲۲ آمده است. با نگاه کلی به نتایج این سه نمودار پی می‌بریم که الگوی تشعشعی آنتن در باندهای فرکانسی پایین و میانی همانند یک آنتن تک قطبی ایده‌آل عمل می‌کند ولی در باند بالا اندازه مولفه $CROSS$ با اندازه مولفه CO قابل قیاس شده و الگو در صفحه E کمی از حالت ایده‌آل کج می‌شود. دلیل این خرابی الگو را می‌توان توزیع غیریکنواخت جریان سطحی روی عناصر تشعشعی اصلی و پارازیتی دانست. نمودار بهره و کارایی تشعشعی آنتن UWB در شکل ۲-۲۴ آمده است. در این شکل افت شدید بهره و کارایی تشعشعی در فرکانس مرکزی باند قطع $5/5$ گیگاهرتز مشاهده می‌شود درحالی‌که در سایر فرکانس‌های باند کاری آنتن این نمودارها تقریباً صاف با ریپل بسیار کم هستند.



شکل ۲-۲۲- الگوی تشعشی اندازه گیری شده آنتن UWB در صفحه H در فرکانسهای (الف) ۳/۵ ، (ب) ۶/۵ ، (پ) ۹/۵ گیگاهرتز [۲۲].



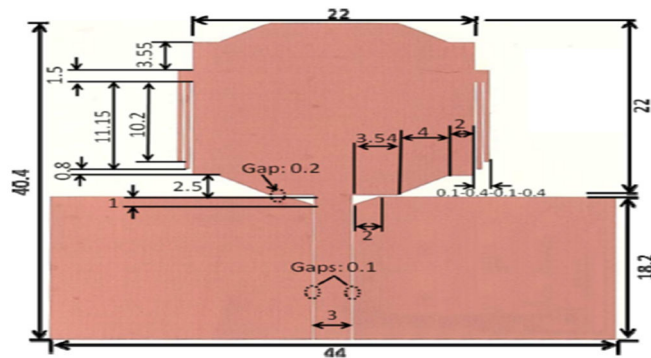
شکل ۲-۲۳- الگوی تشعشی اندازه گیری شده آنتن UWB در صفحه E در فرکانسهای (الف) ۳/۵ ، (ب) ۶/۵ ، (پ) ۹/۵ گیگاهرتز [۲۲].



شکل ۲-۲۴- نمودار بهره و کارایی تشعشی آنتن UWB [۲۲].

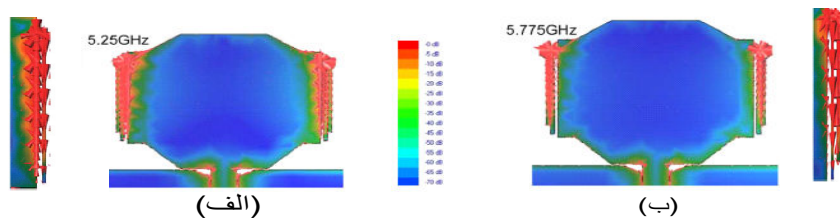
۲-۲-۹- استفاده از استاب ربع و نیم طول موج

ایجاد زائیده استریپ خم شده باعث چرخش جریان در سطح تشعشی و ایجاد خاصیت حذف باند فرکانسی در پهنای باند امپدانسی آنتن می‌شود. شکل ۲-۲۵ از مرجع [۲۳] هندسه آنتن ریزنواری با خاصیت حذف باند در محدوده‌ی WLAN را نشان می‌دهد. WLAN دارای دو باند فرکانسی در محدوده‌ی ۵/۱۵ تا ۵/۳۵ گیگاهرتز و ۵/۷۲۵ تا ۵/۸۲۵ گیگاهرتز می‌باشد که در این آنتن با استفاده از استاب‌های ربع موج این دو باند فرکانسی بسیار باریک را به طور مجزا حذف نموده است.

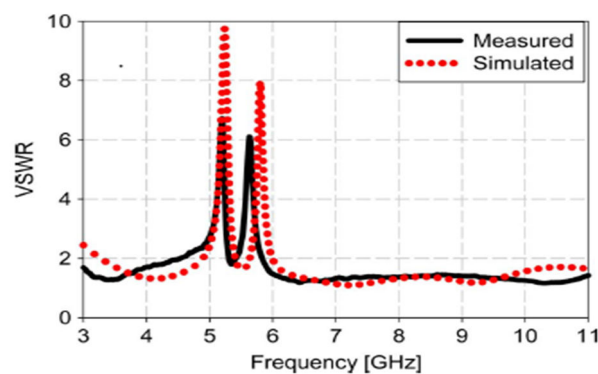


شکل ۲-۲۵- آنتن ریزنواری [۲۳].

برای درک بهتر عملکرد زائیده‌ی نواری، توزیع جریان را در فرکانس مرکزی باند حذف شده بررسی می‌کنیم. این توزیع جریان در شکل ۲-۲۶ در فرکانس مرکزی ۵/۲۵ و ۵/۷۷۵ گیگاهرتز نشان داده شده است. در شکل ۲-۲۶ (الف)، (ب) چرخش جریان در حول آنتن به خوبی نمایان است و جهت جریان در استاب‌های هر دو شکل در خلاف هم می‌باشد. ابتدا با ایجاد استاب ربع موج اول (۱۱/۱۵ میلی‌متر) توزیع جریان در آنتن و در این استاب خلاف هم می‌باشد و در نتیجه محدوده‌ی ۵/۱۵ تا ۵/۲۵ گیگاهرتز حذف می‌شود و در انتها با ایجاد استاب دوم (۱۰/۲ میلی‌متر) مسیر جریان در دو استاب خلاف هم می‌باشد که باعث ایجاد حذف باند در محدوده‌ی ۵/۷۲۵ تا ۵/۸۲۵ گیگاهرتز می‌شود. شکل ۲-۲۷ نتایج VSWR ساخت و شبیه‌سازی نسبت موج ساکن این آنتن را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۶- توزیع جریان (الف) ۵/۲۵ گیگاهرتز، (ب) ۵/۷۷۵ گیگاهرتز [۲۳].



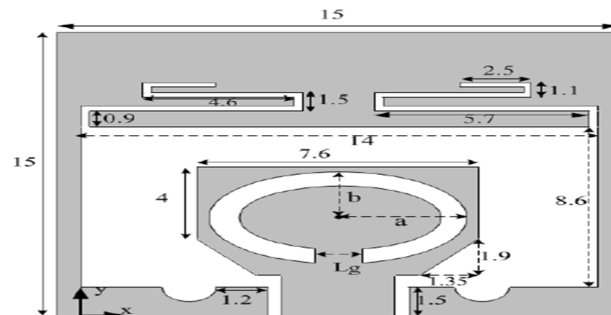
شکل ۲-۲۷- نسبت موج ساکن آنتن مرجع [۲۳].

۲-۲-۱۰- استفاده از شکاف‌های ربع و نیم موج

در مرجع [۲۴] یک آنتن از خانواده آنتن‌های تک قطبی چاپی از نوع شکاف‌دار برای کاربردهای مختلف سیستم‌های بسیار پهن باند UWB معرفی شده است. این ساختار، از یک صفحه‌ی زمین مستطیلی از نوع شکاف‌دار، یک پچ مستطیلی اریب‌دار، دو شکاف اس شکل در صفحه‌ی زمین و یک شکاف حلقه مانند بیضی شکل در صفحه‌ی پچ آنتن تشکیل شده است که نوع تغذیه آن CPW^۱ می باشد. با تنظیم پارامترهای آنتن، پهنای باند UWB با تطبیق امپدانسی مناسب دست یافتنی است. ابعاد آنتن طراحی شده ۱۵×۱۵ میلی‌متر مربع می‌باشد که روی زیرلایه ارزان FR4 با ثابت دی الکتریک نسبی ۴/۴ و ضخامت ۱/۶ میلی‌متر ساخته شده است. این آنتن در باند فرکانسی ۲/۶ تا بیش از ۲۳ گیگاهرتز با دو باند فرکانسی فیلتر شده‌ی WiMAX و WLAN کار می‌کند. شکل ۲-۲۸ ساختار و ابعاد آنتن ارائه شده را نشان می‌دهد. در این آنتن ابتدا با طراحی آنتن UWB، با ایجاد برش

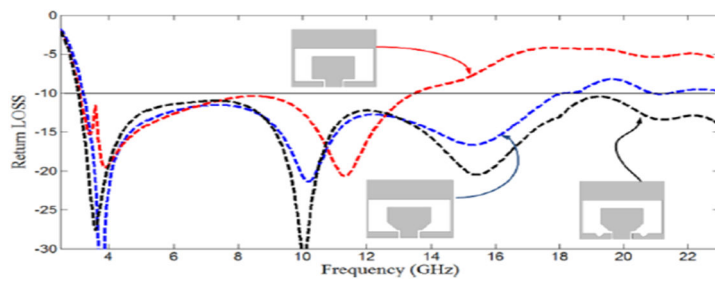
^۱ Co-Planar Waveguide

در پچ اصلی آنتن و سپس با ایجاد برش‌های نیم دایره‌ای در صفحه‌ی زمین (تغییر در ساختار زمین) پهنای باند آنتن به شدت افزایش پیدا کرده است که مراحل این تغییرات در شکل ۲-۲۹ نشان داده شده است.

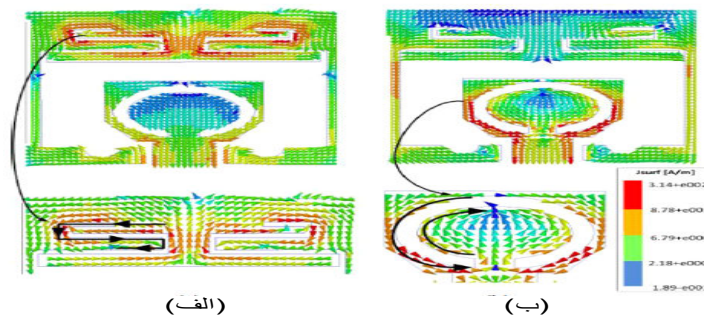


شکل ۲-۲۸-هندسه آنتن ارائه شده (کلیه ابعاد بر حسب میلیمتر)[۲۴].

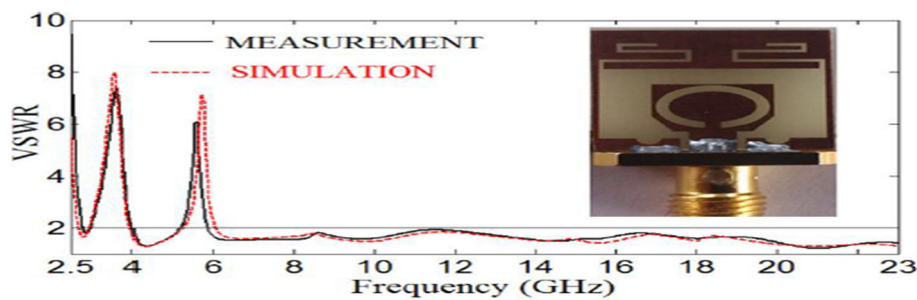
مطابق شکل ۲-۲۸ برای دستیابی به مشخصه دوباند فیلتر شده، دو جفت شکاف در ساختار پچ تشعشی و صفحه‌ی زمین به طور متقارن اضافه شده‌اند. با ایجاد شکاف حلقه مانند بیضی شکل، اولین حذف باند در محدوده WLAN بدست می‌آید. این شکاف، یک شکاف نیم موج می‌باشد و همان طور که از توزیع مسیر جریان‌ها در شکل ۲-۳۰ (ب) مشخص است، در فرکانس ۵/۵ گیگاهرتز جریان در لبه‌های شکاف بیضی شکل متمرکز شده است و جریان در لبه‌ی بیرونی و داخلی شکاف بیضی شکل مخالف هم می‌باشد که باعث ایجاد حذف باند در محدوده‌ی WLAN می‌شود. در انتها با ایجاد شکاف اس شکل در صفحه‌ی زمین به باند حذف دوم در محدوده‌ی WiMAX می‌رسیم. همان گونه که از شکل ۲-۳۰ (الف) پیداست در فرکانس ۳/۵ گیگاهرتز مسیر توزیع جریان در دو طرف لبه‌های شکاف اس شکل در صفحه‌ی زمین در خلاف هم می‌باشد و میزان تمرکز جریان در لبه‌های شکاف اس شکل زیاد می‌باشد که در نهایت به حذف باند در محدوده‌ی WiMAX می‌رسیم. در شکل ۲-۳۱، VSWR حاصل از شبیه‌سازی و ساخت آنتن را می‌بینیم.



شکل ۲-۲۹- مراحل تغییر در آنتن برای افزایش پهنای باند [۲۴].



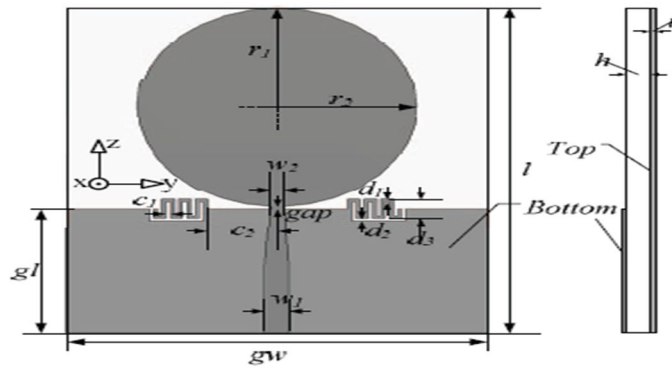
شکل ۲-۳۰- مسیر توزیع جریان در آنتن (الف) فرکانس ۳/۵ گیگاهرتز، (ب) فرکانس ۵/۵ گیگاهرتز [۲۴].



شکل ۲-۳۱- VSWR حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری آنتن [۲۴].

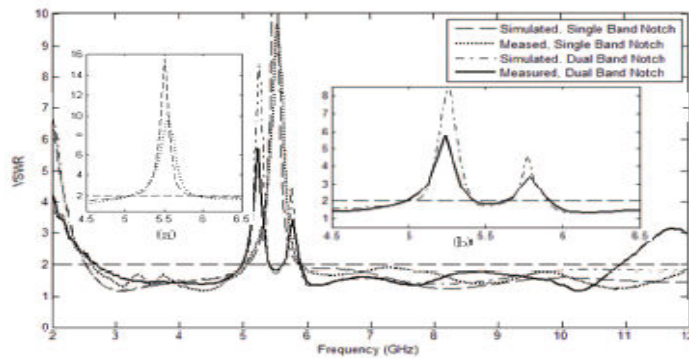
۲-۲-۱۱- مین نمودن (Meander)

یک عیب عمده روش‌های ایجاد فیلتر که در بخش‌های قبل توصیف شد آن است که باند ۵-۶ گیگاهرتز را حذف می‌نمودند در حالی که پهنای باند WLAN در حدود ۳۰۰ مگاهرتز بوده (باند اول از ۵/۱۵-۵/۳۵ گیگاهرتز و باند دوم از ۵/۷۲۵-۵/۸۲۵ گیگاهرتز) ولی بقیه باند نیازی به فیلتر شدن ندارد. یکی از روش‌های جدید برای فیلتر نمودن باندهای یاد شده استفاده از زائیده‌های مارپیچ در ساختار زمین می‌باشد. ساختار آنتنی که در مرجع [۲۵] ذکر شده است در شکل ۲-۳۲ آمده است.

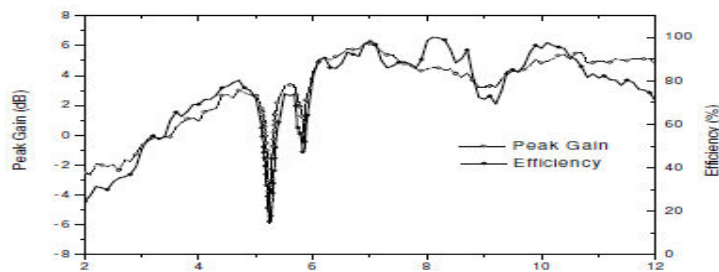


شکل ۲-۳۲- ساختار آنتن مرجع [۲۵].

زائده‌های مارپیچ مانند تشدیدگر عمل می‌کنند. همچنین می‌توان با تغییر طول و عرض زائده‌ها و تغییر فاصله‌ی زائده‌ها نسبت به زمین، باند حذف را کنترل کرد. منحنی افت برگشتی به همراه بهره و کارایی آنتن در شکل ۲-۳۳ نمایش داده شده است.



(الف)

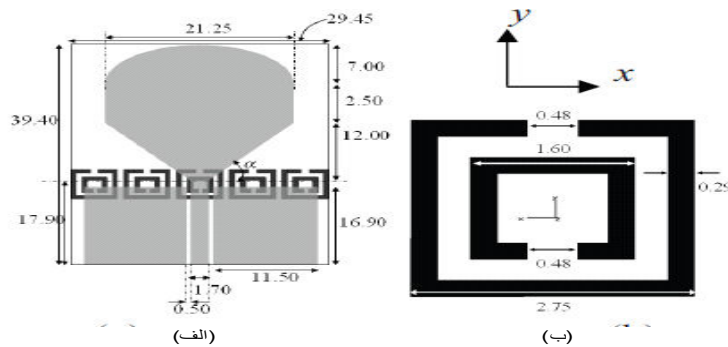


(ب)

شکل ۲-۳۳- (الف) افت برگشتی، (ب) بهره و کارایی آنتن [۲۵].

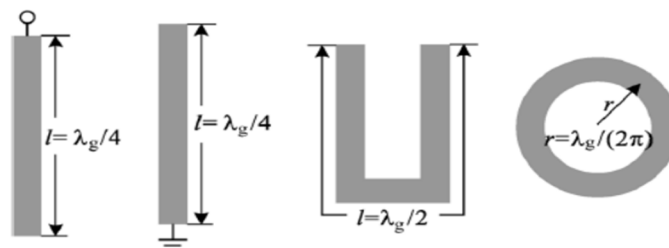
۲-۲-۱۲- استفاده از تشدیدگرهای حلقه باز یا حلقه بسته

در سال‌های اخیر از تشدیدگرهای حلقه باز و حلقه بسته با ساختارهای مربعی یا دایروی برای تولید فیلتر در کنار آنتن‌های مسطح استفاده می‌شود. خط تغذیه به صورت الکترومغناطیسی به تشدیدگر تزویج می‌شود. واضح است که این حلقه در فرکانس تشدید خود، باند باریک قطع ایجاد کرده و موج را از خود عبور نمی‌دهد. یک نمونه از این نوع کاربردها در شکل ۲-۳۴ مشاهده می‌شود [۲۶].



شکل ۲-۳۴- (الف) هندسه آنتن برای فیلتر کردن باند متداخل، (ب) رینگ تشدید حلقه باز [۲۶].

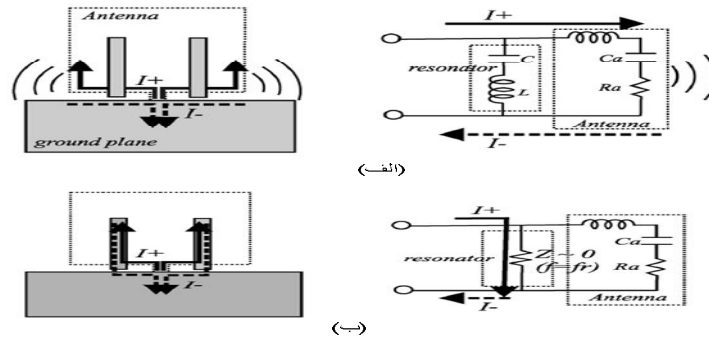
نمونه‌ای دیگر از اشکال تشدید در شکل ۲-۳۵ به تصویر کشیده شده است [۲۷].



شکل ۲-۳۵- ساختارهای تشدیدگر ربع و نیم طول موج [۲۷].

مدار معادل ساختارهای تشدید در شکل ۲-۳۶ ارائه شده است. کوپلینگ خازنی تشدیدگر مدار باز نیم طول موج توسط خازنی که با سلف ناشی از خط انتقال مدار باز می‌باشد سری شده است. هنگامی

که طول تشدیدگر معادل نیم طول موج شود آنگاه جریان بجای عبور از آنتن از تشدیدگر گذشته و تشعشی صورت نمی گیرد.



شکل ۲-۳۶- مدار معادل فشرده برای (الف) باند عبور، (ب) باند فیلتر [۲۷].

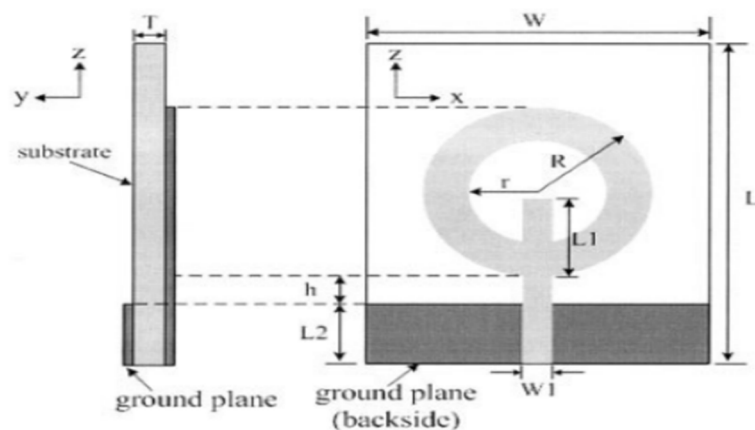
۲-۲-۱۳- افزودن استاب سری به عنصر تشعشی

یکی دیگر از روش‌های تولید باند قطع در آنتن‌های UWB ایجاد استاب سری در فضای خالی عناصر تشعشی است. در ادامه یک نمونه از این فیلترهای که در مرجع [۲۸] ارائه شده است، معرفی می شود.

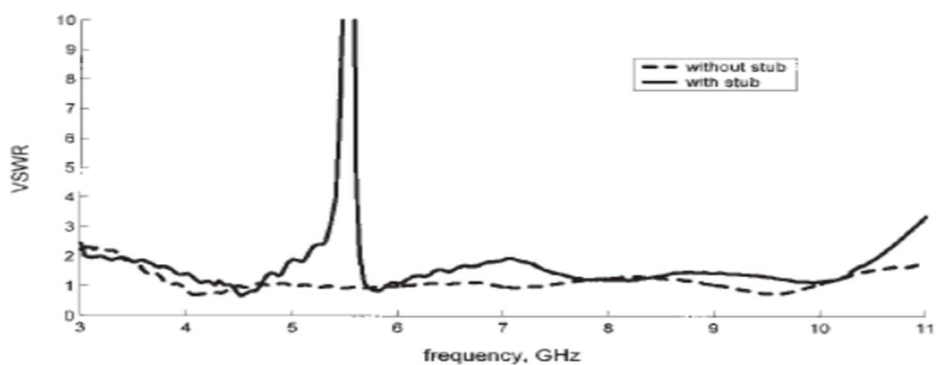
در شکل ۲-۳۷ ساختار آنتن UWB به همراه ساختار فیلتر مربوطه دیده می‌شود. عنصر تشعشی اصلی حلقه‌ی دایروی با شعاع داخلی r و شعاع خارجی R بوده که روی زیرلایه با ارتفاع 0.63 میلیمتر و ضریب دی الکتریک $6/1$ چاپ شده است. آنتن با خط ریزنوار 50 اهم تغذیه می‌شود. یک استاب، سری با خط تغذیه و با همان عرض در داخل عنصر حلقوی کشیده شده است و طول آن (L_1) برابر ربع طول الکتریکی فرکانس قطع مورد نظر می‌باشد. ساختار مورد نظر با نرم افزار $HFSS^1$ تحلیل شده و نتایج مقایسه $VSWR$ آنتن با و بدون عنصر فیلتر در شکل ۲-۳۸ آمده است. از شکل ۲-۳۸ مشاهده می‌شود که آنتن بدون استاب سری در باند امپدانس بین $3/1$ تا $10/6$ گیگاهرتز کار کرده و با اعمال ساختار فیلتر با طول $6/1$ میلیمتر، باند باریک با فرکانس مرکزی $5/55$ گیگاهرتز حذف می

¹ High Frequency Structural Simulator

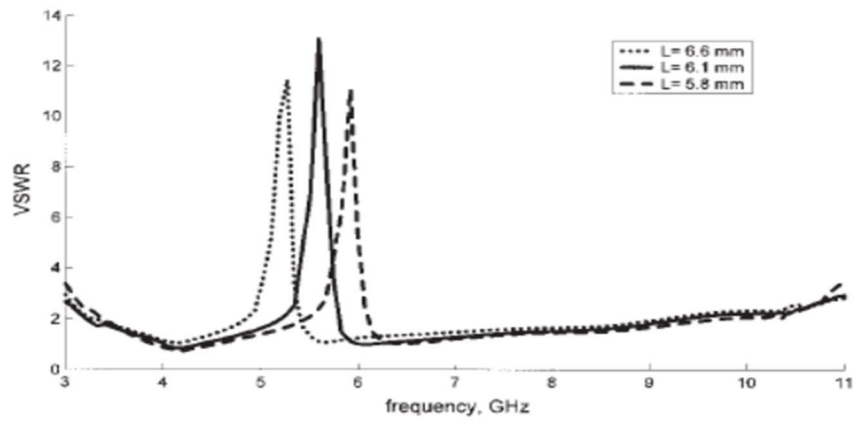
شود. قابل ذکر است که افزودن استاب فوق، اثری روی سایر قسمت‌های باند کاری ندارد. نمودار VSWR برای طول‌های مختلف استاب در شکل ۲-۳۹ آمده است و مشاهده می‌شود که فرکانس مرکزی فیلتر متناسب با طول استاب تغییر می‌کند. همچنین نمودار بهره آنتن با و بدون ساختار فیلتر در شکل ۲-۴۰ آمده است. بهره تقریباً ثابت در باندهای کاری آنتن و افت بهره نیز در باند قطع فیلتر مشاهده می‌شود.



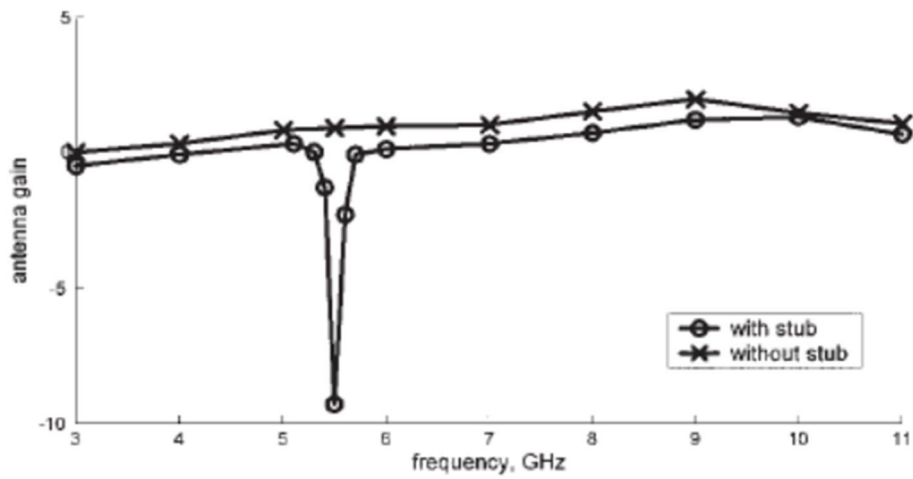
شکل ۲-۳۷- آنتن تک قطبی حلقوی به همراه ساختار فیلتر با استفاده از استاب سری [۲۸].



شکل ۲-۳۸- مقایسه نمودار VSWR برای آنتن شکل ۲-۳۷ با و بدون ساختار فیلتر [۲۸].



شکل ۲-۳۹- نمودار تغییرات VSWR برای آنتن شکل ۲-۳۷ بر اساس تغییر در مقدار L_1 [۲۸].



شکل ۲-۴۰- نمودار بهره آنتن شکل ۲-۳۷ با و بدون استاب سری [۲۸].

فصل سوم: ساختارهای فرکتال و ماتریال‌ها

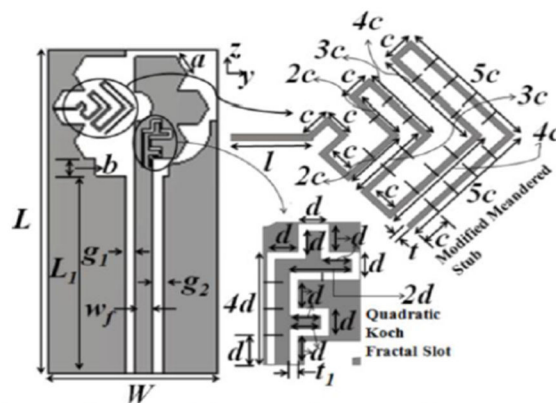
۳-۱-مقدمه

در این فصل انواع ساختارهای فرکتال و نحوه استفاده از ساختارهای فرکتال در آنتن های فراپهن باند بررسی می شوند

۳-۲-آنتن فراپهن باند فرکتال با تغذیه cpw

در مرجع [۲۹] نمونه اولیه آنتن UWB، در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. شکل ۳-۱ نشان می دهد که مشخصات $|S_{11}|$ اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در توافق نزدیکی هستند. نشان داده شده است که آنتن دارای یک پهنای باند امپدانس از 3.2GHz تا 12GHz با یک شکاف باند در فرکانس 5.5GHz و یک باند فرکانسی بلوتوث تمرکز یافته در 2.4GHz است. بین فرکانس های 3.1GHz تا 3.5GHz، مشخصات $|S_{11}|$ در شکل ۳-۱ در -6dB است، که مطابق با 3:1 VSWR است. برای آنتن های استفاده شده در سیستم های مخابراتی برد کوتاه، این قابل قبول است زیرا تطبیق را برای یک گستره ای که مشخصات تابشی در آن دچار اختلال می شود، کاهش نمی دهد.

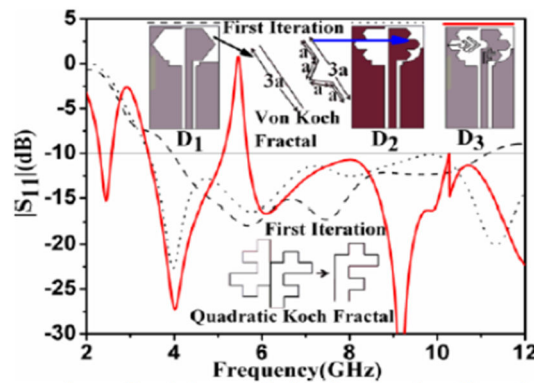
[۲۹]



شکل ۳-۱-پیکر بندی آنتن فرکتال با تغذیه cpw, L=39, W=18.5 [۲۹]

$$L1=30.3, a=1.146, b=2.2, c=0.7, g1=1.0, g2=1.0, wf=2.0, t=0.2, t1=0.3$$

and l=2.8



شکل ۳-۲- مقایسه مشخصات $|S_{11}|$ نشان دهنده اثر شکاف در صفحه اصلی (D1)، اثر مرز فراکتال Koch و صفحه اصلی اصلاح شده (D2) و اثر ریشه پیچ و خم دار اصلاح شده و شکاف فراکتال Koch مرتبه ۴ (D3). [۲۹]

رزونانس ها در فرکانس های 4GHz و 9.2GHz با مدارهای رزونانس موازی تشکیل شده توسط R3 و L3 و C3 برای فرکانس 4GHz و R1 و L1 و C1 برای فرکانس 9.2GHz مدل می شوند. برای درک رفتار شکاف باند، منحنی امپدانس آنتن مورد بررسی قرار گرفته است. جزء موهومی نشان می دهد که آنتن رزونانس موازی را در فرکانس 5.5GHz ارائه می دهد و جزء حقیقی نشان می دهد که میزان مولفه مقاومتی بسیار بالاست و می تواند نزدیک به مدار باز در فرکانس شکاف باند تقریب زده شود. وقتی طول موثر شکاف Koch مرتبه ۴ در فرکانس 5.5GHz به اندازه $\lambda_g/2$ است، مدار تشدید موازی، که با L4 و C4 مانند آنچه در شکل نشان داده شده است، شکل گرفته، مدار باز می شود، در حالیکه آنتن، تابش را در فرکانس 5.5GHz متوقف می کند. [۲۹]

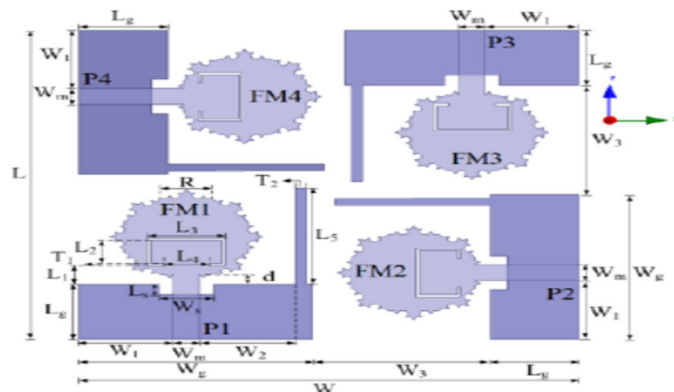
۳-۳- آنتن فراپهن باند و فرکتال MIMO

در مرجع [۳۰] هندسه بهینه شده آنتن MIMO (چند ورودی چند خروجی) UWB فراکتال 4×4 (FUMA) در شکل ۳-۳ نشان داده شده است. این ساختار روی بستر FR4 با ابعاد $45mm \times 45mm$ و ثابت دی الکتریک 4.4 و تانژانت تلف 0.02 ساخته شده است. سیستم MIMO از ۴ تا FM تشکیل شده که هر یک توسط یک خط میکرواستریپ 50 اهمی تغذیه می شود. صفحه اصلی در طرف دیگر بستر قرار داده شده است. جهت گیری متعامد عناصر آنتنی مجاور برای رسیدن

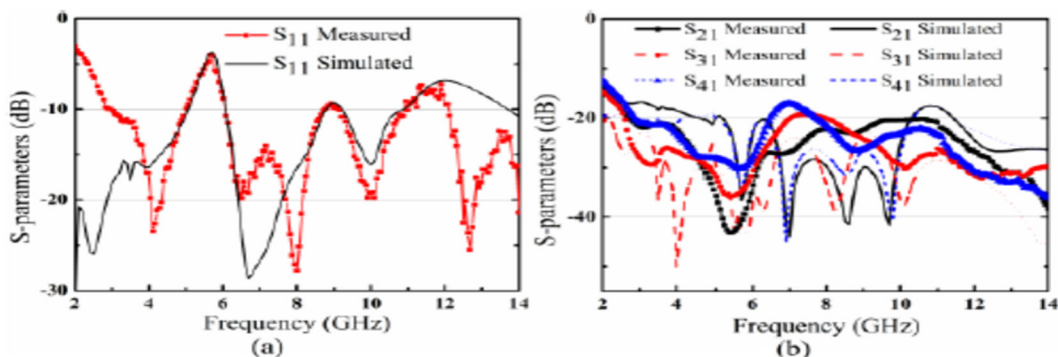
به جداسازی بهتر بین آنها کمک می کند. برای دست یابی به پدیده کوچک سازی و باند گسترده، هندسه فراکتال Koch در لبه های هندسه هشت ضلعی به کار برده می شود. تولید تکراری هندسه Koch نشان داده شده است. تکرار اول، طول اولیه را در ۳ قسمت مساوی تقسیم می کند و این روند تکراری برای تکرار مرتبه بالاتر تکرار می شود. کاربرد معقول تکرار هندسه Koch در لبه های هندسه هشت ضلعی نشان داده شده است. در اینجا، شکل هشت ضلعی به صورت یک آغازگر عمل می کند و هندسه Koch به صورت یک تولیدکننده در تکامل FM آنتن عمل می کند. تغییر تلف برگشتی تکرار معقول آنتن در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. از شکل ۳-۴ نشان داده می شود که افزایش هندسه Koch با تک قطبی هشت ضلعی، طول مسیر الکتریکی را افزایش می دهد. با افزایش در تکرار هندسه Koch، فرکانس کاری پایین تر اندکی به سمت لبه پایین تر باند فرکانسی UWB حرکت می کند. این تغییرات در هندسه مشخصه های S11 را در طیف UWB بهبود می دهد. هندسه فراکتال، رزونانس های متعددی ایجاد می کند و با ترکیب این رزونانس ها پهنای باند گسترده به دست می آید. علاوه بر این، یک شکاف مستطیلی با ابعاد $L_s \times W_s$ در پایین صفحه اصلی خط تغذیه معرفی می شود، که به نوبه خود منجر به افزایش مسیر جریان می شود و برای دست یابی به باند UWB مطلوب کمک می کند. در طراحیمان، هندسه شکل داده شده هشت ضلعی، با توجه به دو دلیل بیشتر از هندسه دایره ای معمولی ترجیح داده می شود. [۳۰]

اول اینکه، در محدوده محیط و مساحت دایره، هندسه شکل دایره ای نزدیک به هندسه شکل هشت ضلعی است. این نوع هندسه نیز پدیده باند گسترده را نشان می دهد. دوم اینکه، آن لبه هایی را ایجاد می کند که هندسه فراکتال می تواند در آن گنجانده شود، به طوریکه با افزایش در تکرارهای درون یک مساحت کوچکتر مقایسه شده با هندسه های دیگر مانند دایره ای، بیضوی و شش ضلعی و غیره، به طور قابل توجهی به افزایش محیط دایره ای هندسه کمک می کند. علاوه بر این، برای چند ضلعی از مرتبه بالاتر از هشت، با هندسه Koch فراکتال مرتبه دو در لبه هایش به کار برده می شود، این به سطح بالاتری از دقت ساخت نیاز دارد. این باعث افزایش هزینه ساخت دستگاه خواهد شد. [۳۰]

برای کاهش تزویج متقابل بسترهای پایه ای مستطیلی بین المان ها قرار داده می شوند، برای اینکه به عنوان یک بازتابنده عمل کنند. علاوه بر این، برای دستیابی به مشخصات شکاف باند در باند WLAN ، از FMها، به دلیل مشخصه های حذف باند باریک خوششان، یک شکاف C شکل ساخته می شود. بهینه سازی و طراحی FUMA با استفاده از HFSS v.13 انجام می شود. [۳۰]



شکل ۳-۳- هندسه بهینه شده از 4x4 FUMA [۳۰]



شکل ۳-۴- مقایسه نتایج پارامترهای S شبیه سازی شده و اندازه گیری شده S11 (a) و S12 (b)، S13 و S14. [۳۰]

۳-۴- آنتن فرایهنگ باند فرکتال با ساختار FTSE

در مرجع [۳۱] پیکربندی و پارامترهای آنتن فراکتال با تغذیه CPW در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. آنتن روی بستر دی الکتریک تجاری FR4 با یک ضخامت 1mm، $\tan \delta \approx 0.024$ و ضریب نفوذپذیری 4.4 چاپ شده است. ابعاد بستر $L_{sub} \times W_{sub}$ است، و خط تغذیه دارای عرضی به اندازه $W_f = 3mm$ است که مطابق با امپدانس مشخصه ۵۰ اهم و $Gap=0.3mm$ است. خط تغذیه برای

بهینه سازی تطبیق امپدانس با اتصال درخت فراکتال آنتن مخروطی می شود. آنتن با تغذیه CPW ساخته شده از یک اتصال فراکتال با یک آرایه از سلول های واحد فراکتال جهت دار شبیه به شاخه های یک درخت تشکیل می شود و شامل یک عنصر T شکل چند لایه به طور متقارن قرار داده شده، می باشد. صفحه مستطیلی آنتن در همان طرف به صورت اتصال قرار داده شده است. فرآیند اصلاح صفحه اصلی شامل منحنی کردن صفحه اصلی مستطیلی در بالا و برش شکاف های مستطیل شکل خارجی از سمت آن می باشد. این تغییر روی صفحه اصلی مشخصات تطبیق بین اتصال و خط تغذیه را بالا می برد که در آنتن منجر به ارائه عملکرد UWB می شود. برای دست یابی به ویژگی شکاف باند توسط آنتن در باند WiMAX، ساختار FTSE به اتصال فراکتال آنتن اضافه می شود. ابعاد ساختار FTSE، شکاف باند و عملکرد فیلترینگ آنتن را تعیین می کند. گام های استفاده شده برای گسترش آنتن را به صورت زیر نشان می دهد. [۳۱]

گام ۱: یک خط تغذیه CPW مخروطی شکل دهنده به بدنه برای اتصال فراکتال ایجاد کنید و چهار سلول واحد فراکتال را برای ایجاد شاخه ها در اتصال اضافه کنید (Ant.0).

گام ۲: چهار سلول واحد دیگر به اتصال اضافه کنید (Ant.1).

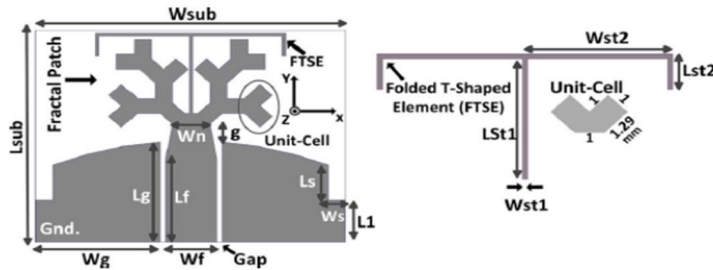
گام ۳: اصلاح صفحه اصلی را به منظور گسترش پهنای باند امپدانس آنتن برای عملکرد UWB به کار ببرید (Ant.2).

گام ۴: یک ساختار T شکل چند لایه را محاط کنید (Ant.3).

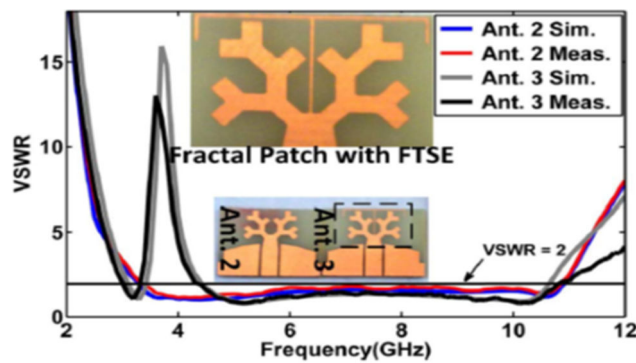
ابعاد آنتن از طریق مطالعه پارامتری با استفاده از Ansoft's High Frequency Structure Simulator (HFSS) بهینه سازی شده است. پارامترهای بهینه آنتن به شرح زیر می باشند: $W_{sub} = 3mm$, $g=1.79mm$, $W_n = 2.2mm$, $Gap=0.3mm$, $L_f = 5.5mm$, $W_f = 3mm$, $L_{sub} = 14mm$, $L_{st1} = 5.1mm$, $L_s = 2.3mm$, $W_s = 1mm$, $L_1 = 2.2mm$, $L_g = 6mm$, $W_g = 7.2mm$, $W_{st2} = 5.5mm$, $W_{st1} = 0.2mm$, $L_{st2} = 1.5mm$ طول L_{Notc} روی $0.5\lambda_g$ تنظیم شده است

(λ_g مطابق با فرکانس شکاف 3.7GHz است). با مطالعه پارامتری، مقدار بهینه شده روی

$$L_{Notc} = L_{st1} + 2W_{s2} + 2L_{st2} \quad [31]$$



شکل ۳-۵- پیکربندی آنتن فراکتال تک قطبی. [31]



شکل ۳-۶- پاسخ VSWR اندازه گیری شده و شبیه سازی شده برای Ant. 2 و Ant. 3. عکس از دو آنتن است. [31]

۳-۵- آنتن فرایهمن باند فرکتال از نوع KOCH

در مرجع [32] طراحی آنتن براساس هندسه Koch است. همانطور که در شکل ۳-۷ نشان داده شده

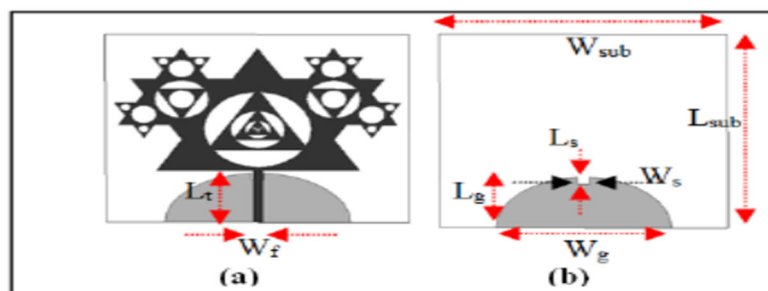
است، شکل اولیه اختلاف یک شکل مثلثی با طول L_1 و دایره ای به شعاع $R_1 = (L_1 / (2\sqrt{3}))$

(d) است، که در آن d_1 ضخامت بین مثلث و دایره است. شکل بعدی اختلاف مثلث هایی با طول L_2 و

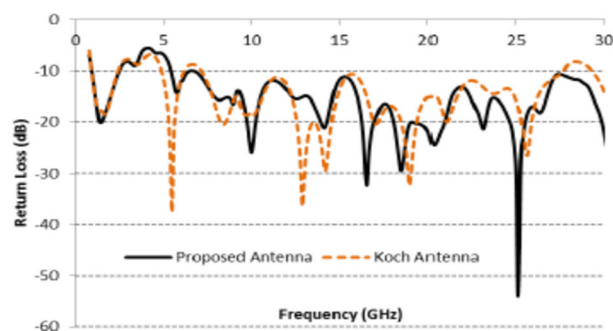
دایره ای به شعاع R_2 است، در حالیکه آن را در دو طرف مثلث اول با طول $L_1/3$ نیز تکرار می کند.

این فرآیند تا گام سوم ادامه می یابد. [32]

پیکربندی آنتن در شکل ۷-۳ نشان داده شده است. شکل 2.a اتصال تابش کننده را نشان می دهد که در آن L_1 طول اولین مثلث است؛ L_t طول خط انتقال و W_f عرض خط انتقال است. صفحه زمین در شکل ۷-۳ نشان داده شده است که در آن L_G طول جانبی صفحه زمین و W_G عرض صفحه زمین است. یک شکاف مستطیلی در لبه بالایی صفحه زمین با ابعاد L_S و W_S قرار داده شده است. آنتن بر روی بستر Rogers/Duroid 5870 با ابعاد $80\text{mm} \times 90\text{mm}$ و ضخامت 1.575mm ، $\epsilon_r = 2.3$ و تانژانت تلفات $\delta = 0.0012$ طراحی شده است. از آنجا که تعداد تکرارها نقشی حیاتی برای رسیدن به پهنای باند فوق العاده بازی می کنند، اثر تعداد مختلف تکرارها روی پهنای باند امپدانس در شکل ۸-۳ نشان داده شده است. دیده می شود که آنتن با تکرارهای بالاتر پهنای باند بهتری از خود نشان می دهد، بنابراین، تعداد تکرارها برای رسیدن به شبیه سازی یک پهنای باند فوق العاده گسترده ۶ تا انتخاب می شود. [۳۲]



شکل ۷-۳-هندسه آنتن اتصال. [۳۲]



شکل ۸-۳-تلف برگشتی از آنتن و آنتن فراکتال Koch. [۳۲]

۳-۶- آنتن فراپهن باند فرکتال با پیچ دایروی

در مرجع [۳۳] هندسه آنتن در شکل ۳-۹ نشان داده شده است. برای توسعه آنتن، ابتدا یک تک قطبی دایره ای با قطر D مانند آنچه در شکل ۳-۹(a) نشان داده شده است طراحی می شود. سپس مانند آنچه در شکل ۳-۹(b) نشان داده شده، شکافی در تک قطبی با یک شکاف g_s در مرکز ایجاد می گردد. ساختار نشان داده شده در شکل ۳-۹(c) کوچک شده است و مانند آنچه در شکل ۳-۹(c) نشان داده شده است، برای شکل دهی به طرح بندی طرح نهایی آنتن، داخل فضای ایجاد شده توسط شکاف قرار داده شده است. [۳۳]

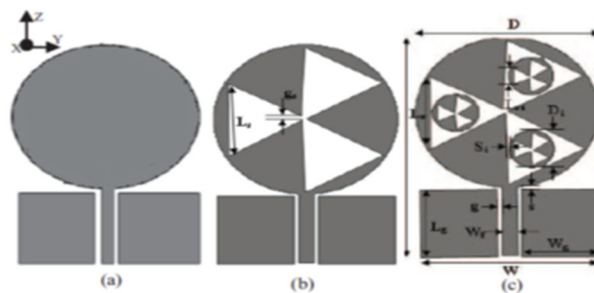
تک قطبی دایره ای با قطر D برای فرکانس رزونانس 2.45GHz طراحی شده است و روی یک بستر با ضخامت 1.6mm (ثابت دی الکتریک $\epsilon_r = 4.4$ تانژانت تلفات برابر با 0.02) از سایز $W \times L$ چاپ شده است. ابعاد تک قطبی شکاف دار دو بانده برابر با $L_s = 16.7\text{mm}$ و $g_s = 0.5\text{mm}$ است.

آنتن با استفاده از نرم افزار Ansys HFSS شبیه سازی شده است و ابعاد بهینه نشان داده شده اند. مطالعه پارامتری شبیه سازی را برای مشخصه های انعکاسی دو بانده شکاف دار تک قطبی نشان داده شده در شکل ۳-۱۰ برای تغییر طول های شکاف جانبی L_s با تغذیه، زمین و ابعاد کل آنتن که در مقادیر ذکر شده، نشان می دهد. [۳۳]

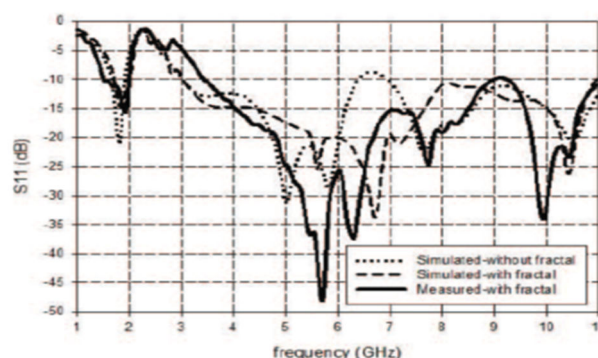
همانطور که طول شکاف افزایش می یابد، فرکانس رزونانس اول نیز مانند حد پایین تر باند UWB به سمت فرکانس های پایین تر حرکت می کند. این به وضوح نشان دهنده اثر ابعاد کلی شکاف، روی باندهای رزونانسی پایین تر است. از آنجاییکه تک قطبی دارای یک قطر 34mm است، طول لبه شکاف L_s برای حفظ تفرانس ساخت از 0.3mm دیگر افزایش نمی یابد. برای $L_s = 16.7\text{mm}$ ، محیط شکاف تقریباً 150mm است که مطابق با $1.5\lambda_g$ از فرکانس رزونانس در باند GSM 1800 است و بنابراین این اندازه برای طول جانبی شکاف انتخاب شده است. با این حال، در این ابعاد، در فرکانس های بالاتر میزان تطبیق در رنج UWB، کاهش می یابد. اگر فاصله شکاف g_s افزایش یابد، تطبیق

بهتری می تواند در رنج UWB به دست آید. اما این باعث کاهش کل طول شکاف می گردد که به موجب آن رزونانس اول و حد پایین تر باند UWB اندکی افزایش می یابند. [۳۳]

برای بهبود تطبیق در رنج UWB بدون ایجاد اختلال در رزونانس اول، تک قطبی دایره ای شکاف دار با یک فاکتور مقیاس بندی 0.25 با قطر D_i کاهش می یابد و در فضای داخل شکاف قرار می گیرد، تا یک طراح فراکتال ایجاد کند. شکل ۳-۱۰ مشخصه های انعکاسی را برای تغییر D_i نشان می دهد. هنگامیکه فاکتور مقیاس تغییر می کند، باند پایین تر بدون تغییر می ماند اما تطبیق در رنج UWB به طور قابل توجهی تغییر می کند. در $D_i = 8.4mm$ ، بهبود قابل توجهی در تطبیق به دست می آید، به ویژه در رنج 5.5-7GHz.



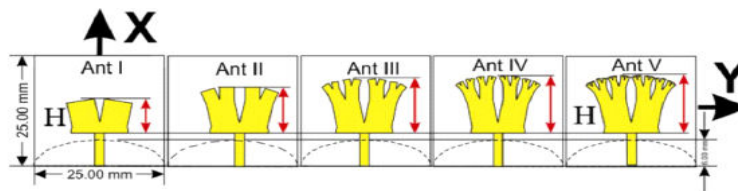
شکل ۳-۹- (a) تک قطبی دایره ای باند گسترده. (b) تک قطبی شکاف دار دو بانده (c) تک قطبی دو بانده با طراحی فراکتال. [۳۳]



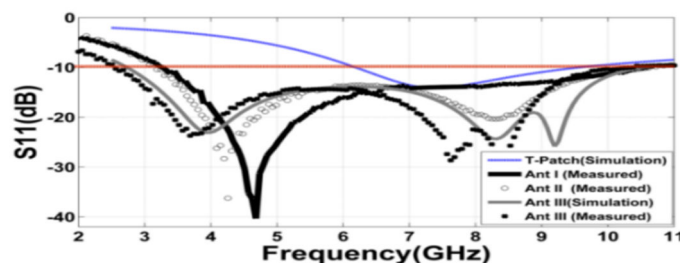
شکل ۳-۱۰- S11 شبیه سازی شده و اندازه گیری شده بر حسب فرکانس آنتن. [۳۳]

۷-۳- آنتن فراپهن باند با فراکتال تغییر یافته درختی فیثاغورث

در مرجع [۳۴] آنتنی با فراکتال فیثاغورث جهت کاربرد در سیستم‌های UWB معرفی شده است. آنتن مذکور دارای ساختار ریزنواری با استفاده از یک نوع فراکتال جدید با نام modified (MPTF) Pythagorean three fractal یا فراکتال تغییر یافته درختی فیثاغورث، که پیش از این به دلیل پیچیدگی مورد توجه قرار نگرفته بود، استفاده کرده و به بررسی رفتار آن در آنتن مونوپل چاپی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد، که با افزودن فراکتال مذکور MPFT به پچ T شکل مرسوم، نه تنها پهنای باند افزایش می‌یابد بلکه تشدیدهای جدیدی نیز ایجاد خواهد شد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، که با افزودن دفعات تکرار فراکتال تغییر یافته فیثاغورث درختی، تشدیدهای جدیدی ایجاد خواهد شد که، نشان از خاصیت خود تشابهی این فراکتال داشته است. آنتن مذکور علاوه بر این نتایج منحصر بفرد دارای ابعاد کوچک ۲۵×۲۵ میلی‌متر با ضخامت یک میلی‌متر بوده و عملکرد آن محدوده فرکانسی ۲/۶ تا ۱۱/۱۲ گیگاهرتز را برای VSWR کمتر از دو پوشش می‌دهد. هندسه آنتن به همراه پاسخ فرکانسی در شکل ۳-۱۱ ترسیم شده است. [۳۴]



(الف)



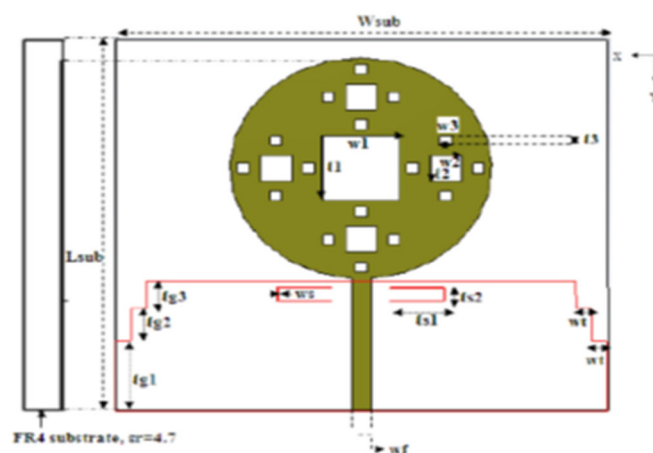
(ب)

شکل ۳-۱۱- (الف) هندسه آنتن با فراکتال درختی فیثاغورثی، (ب) پاسخ فرکانسی [۳۴].

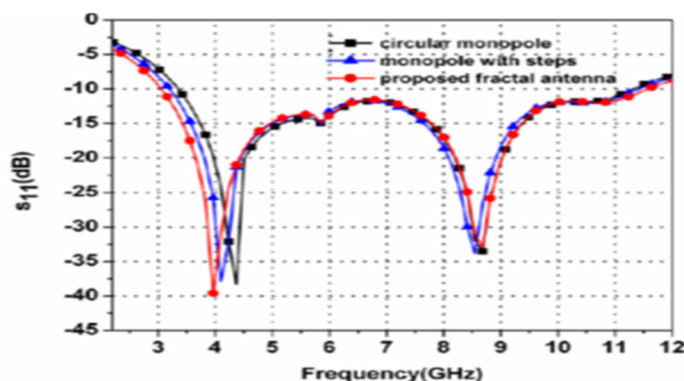
۳-۸- آنتن فرایه‌ن باند با فراکتال Sierpinski carpet

در مرجع [۳۵] هندسه آنتن، که روی بستر FR4 ($\epsilon_r = 4.7$ & $\tan\delta = 0.02$) با ضخامت بستر 1.5mm طراحی شده است، در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است. ابعاد بستر به صورت $63.5\text{mm} \times 57\text{mm}$ ($L \times W$) در نظر گرفته شده است. پیکربندی اولیه، شعاع اتصال تابنده دایره ای شکل (r_0) تقریباً روی 0.25λ از کمترین فرکانس رزونانس تنظیم شده است، که توسط خط تغذیه CPW ۵۰ اهمی به دست می‌آید. این تک قطبی دایره ای اولیه، پهنای باندی از 3.4GHz تا 11.2GHz فراهم می‌کند که در آن S11 بهتر از 10dB است. برای بهبود پهنای باند، صفحه زمین محدود پیکربندی میکرواستریپ کوچک شده است و یک پهنای باند بهبود یافته از 3.2GHz تا 11.3GHz به دست آمده است. اختلاف بین صفحه زمین ساده و صفحه زمین کوچک شده، برای گسترش طول موثر بردار جریان درون یک حجم کوتاه بسته بندی شده است که باعث می‌شود تا بردارهای جریانی که به کشش خارجی تلف برگشتی (S11) بیشتر از 10dB کمک می‌کند در سراسر رنج فرکانسی مورد نظر ازدحام یابد. [۳۵]

علاوه بر این، هندسه فراکتال در ترم های شکاف های فراکتال در تابش کننده پیاده سازی شده است که به نوبه خود ابعاد فیزیکی آنتن را به منظور افزایش طول مسیر الکتریکی برای جریان سطحی و افزایش پهنای باند امپدانس کوچک می‌کند. همانطور که در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است، شکاف های فراکتال Sierpinski اصلاح شده از تابش کننده اصلی به وجود آمده اند که به نوبه خود افزایش پهنای باند امپدانس از 3GHz تا 11.5GHz را ایجاد می‌کند. علاوه بر این، یک جفت از شکاف های U شکل مربوط به هر طول موج نیمه هادی (λ_g) بلند، فرکانس شکاف مورد نظر را برای برداشتن فرکانس از 5.5GHz برای WIAN با هم ترکیب می‌کند. [۳۵]



شکل ۳-۱۲-هندسه آنتن. [۳۵]



شکل ۳-۱۳-مشخصه های S11 آنتن با و بدون هندسه فراکتال Sierpinski carpet. [۳۵]

۳-۹- آنتن فرایهمن باند با فرکتال لوزی

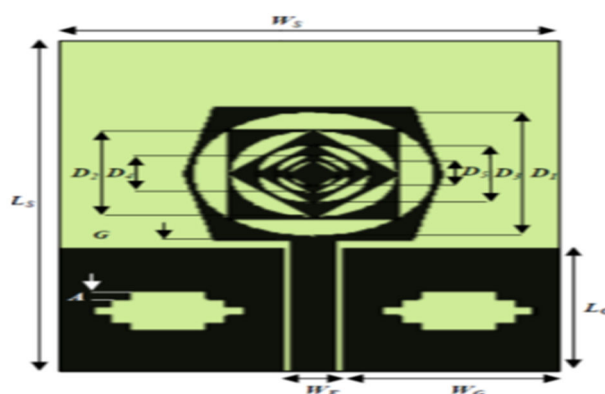
در مرجع [۳۶] هندسه فراکتال آنتن بهینه شده بر مبنای استفاده از شکل ۱۴ مفید است که مستطیل، دایره و لوزی ۴ بار تکرار شده به منظور دست یابی به رفتار خود متشابه می باشند.

همانطور که در شکل ۳-۱۴ نشان داده شده است، شکل اصلی در تکرار صفرام مشخص می شود، بنابراین از ۴ تکرار برای طراحی آنتن فراکتال استفاده شده است که اولین آن یک دیسک با قطر 11mm است که از مربع اصلی خارج شده است. تکرارهای دوم، سوم و چهارم، نسخه های کاهش یافته ای از تکرار اول هستند، که قطرهای هر دیسک 7.4mm و 5mm و 3.2mm است. آنتن نهایی

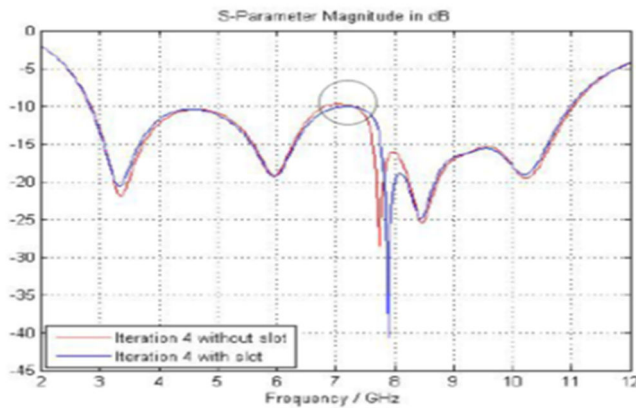
شبيه سازی شده و تاييد شده بوسيله شبيه سازی با دو شکاف قرار گرفته در صفحه زمين و خط تغذيه تطبيق يافته در بار 50 اهم، در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است. همه پارامترهای آنتنی بعد از چند سری بهينه سازی بوسيله شبيه سازی با نرم افزار CST Microwave Studio تاييد می شوند. [۳۶]

طراحی آنتن فراکتال در اين متن بر مبنای مقايسه ضريب بازتاب و نسبت موج ايستاده ولتاژ (VSWR) بين آنتن اصلی بدون رفتار فراکتال و آنتن با هندسه فراکتال از تکرار به ديگری و نیز بين نتايج آنتنی تکرار آخر بدون و با تصحيح صفحه های زمين است. همانطور که در شکل ۳-۱۵ نشان داده شده است، بهبود قابل توجه تلف برگشتی S11 بين رنج فرکانسی 2.79-11GHz برای یک مقدار S11 کمتر از -10dB در باند فرکانسی FCC به دست آمده است. [۳۶]

تطبيق امپدانس ورودی می تواند توسط نمودار VSWR توضيح داده شود که برای تکرارهای دوم و سوم در باند فرکانسی 2.79-11GHz کمتر از ۲ است. برای دست يابی به یک تلف برگشتی کمتر از 10dB در هر فرکانس باند FCC، لازم بود که با استفاده از قرار دادن شکاف های بهينه شده، تصحيحی در صفحه های زمين آنتن فراکتال به دست آمده بعد از تکرار چهارم صورت گیرد. [۳۶]



شکل ۳-۱۴- آنتن طراحی شده (تکرار چهارم) با شکاف ها. [۳۶]

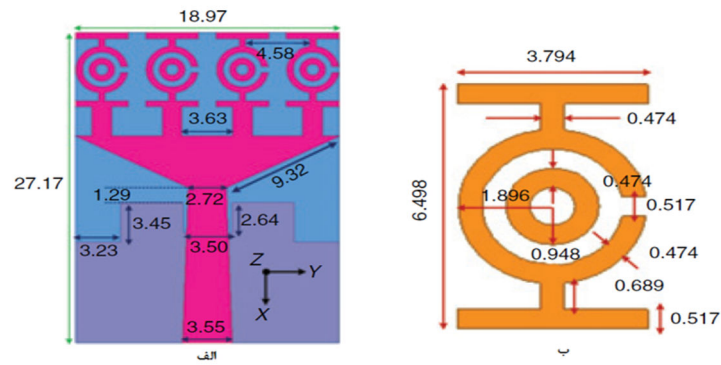


شکل ۳-۱۵- تلف برگشتی بر حسب فرکانس [۳۶]

۳-۱۰- آنتن فراپهن باند با فرکتال دایروی

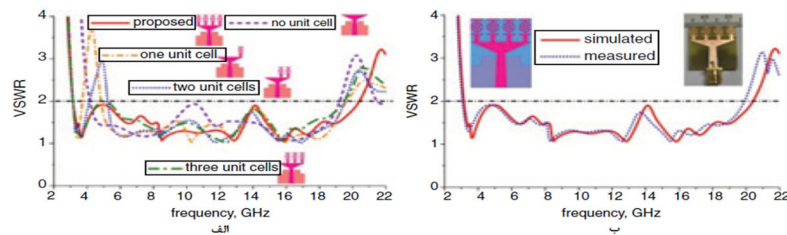
در مرجع [۳۶] سلول واحد مذکور از زیرلایه FR4 با ثابت دی‌الکتریک 4/64 و ضخامت 1/6mm ساخته شده که در شکل ۳-۱۶ نشان داده شده است. برای حصول پارامترهای S از نرم افزار CST بر پایه‌ی FDTD استفاده شده است. سلول واحد بمنظور آزمایش بین ۲ پورت موجبر قرار گرفته و مرزهای الکتریکی و مغناطیسی کامل بر روی آن نصب شده است. شرایط مرزی رسانای کامل مغناطیسی در جهت y و یک رسانای کامل الکتریکی در جهت x مشخص شده‌اند که با یک موج سطحی الکترومغناطیسی در جهت z تحریک می‌شوند. پیک انتقال در 8/4 GHz قابل ملاحظه است شکل ۳-۱۶ با نگاه به مشخصه‌های الکترومغناطیسی متماتریال یک رویکرد Nicolson Ross Weir برای استخراج شاخص انکسار؛ ثابت گذردهی و نفوذپذیری مغناطیسی، اتخاذ گردیده‌است. [۳۶]

از شکل ۳-۱۷ می‌توان دریافت که مقدار منفی ناحیه فرکانسی، برای شاخص انکساری 2-2/62GHz و 9/56-12/98GHz و 14/64-19/8GHz، برای ثابت گذردهی 2-6/04GHz و 8/82-11/32GHz و 14/94-19/28GHz و برای نفوذپذیری 10/08-16/34GHz و 6/60-22GHz تعیین گردیده‌اند. آنتن از سلول‌های متماتریال مرتب شده در آرایه‌ی 4×1 روی پچ مثلثی با یک صفحه‌ی زمین ناقص شکاف دار طراحی شده است [۳۶].



شکل ۳-۱۶- هندسه آنتن [۳۶]

از شکل ۳-۱۷ می‌توان فهمید که طراحی این آنتن با ۴ سلول واحد پهنای باند امیدانسی مناسبی در بازه‌ی فرکانسی 3/15 تا 20/4GHz را پوشش می‌دهد [۳۶].

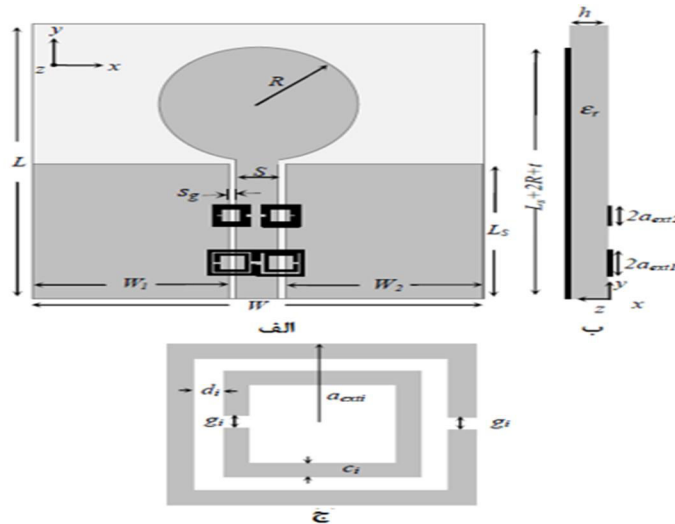


شکل ۳-۱۷- نتایج شبیه سازی VSWR آنتن [۳۶]

۳-۱۱- آنتن فرایه‌ن باند فرکتال با ساختار متامتریال

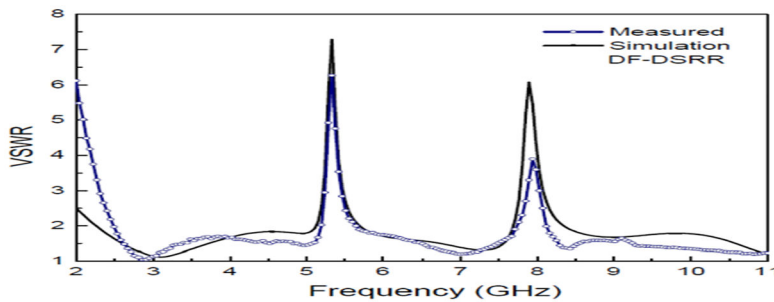
شکل ۳-۱۸ نمای شماتیکی از آنتن را ارائه می‌نماید. تشعشع‌کننده، یک مونوپل دایروی با شعاع R ، تغذیه شده توسط موجبر هم‌صفحه متشکل از صفات زمین با عرض‌های W_1 و W_2 و طول L_s و یک خط سیکنال با عرض S و طول $L_s + t$ می‌باشد. آنتن بر روی یک زیرلایه با ضخامت h و ϵ_r تعبیه گردیده است. ۲ زوج از SRRهای دایروی شکل که روی سطح پشتی CPW چاپ شده‌اند و با زیرلایه به ضخامت h از هم جدا شده‌اند در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده‌اند. محورهای SRRها در وسط شکاف‌ها و در امتداد آن‌ها جای گرفته‌اند تا تزویج را توسط میدان مغناطیسی سیگنال منتشر شده، افزایش دهند. یک سلول واحد SRR در شکل نشان داده شده‌است، که ابعاد آن، a_{ext1} ، نصف طول

ضلع SRR می‌باشد و ضخامت رسانای آن C_i ، فاصله‌ی بین حلقه‌ها d_i و فاصله‌ی gapها، g_i می‌باشد (که $i=1,2$ می‌باشد). زوج دیگر SRR نیز متناظر با زوج اول می‌باشد [۳۷].



شکل ۳-۱۸-هندسه آنتن. [۳۷].

شکل ۳-۱۹ VSWR اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده مربوط به آنتن DF-DSRR حذف دو فرکانسی را نشان می‌دهد. بدلیل زوج‌های دوگانه‌ی SRR مربوط به پارامترهای هندسی C_i و a_{ext1} و d_i و g_i حذف دوگانه در $5/33\text{GHz}$ و $7/9\text{GHz}$ برای شبیه‌سازی‌ها و $5/34$ و $7/95\text{GHz}$ برای اندازه‌گیری‌ها حاصل شده است. اولین حذف بدلیل تشدید زوج SRR با ابعاد بزرگتر است و دومین حذف مربوط به زوج SRR با ابعاد کوچکتر؛ فرکانس تشدید مشخص و بستگی به ابعاد SRR و پارامترهای تشکیل دهنده‌ی زیرلایه دارد. فرکانس‌های حذف نیز با تغییر ابعاد، تغییر می‌کنند [۳۷].



شکل ۳-۱۹-نتایج شبیه سازی VSWR آنتن [۳۷].

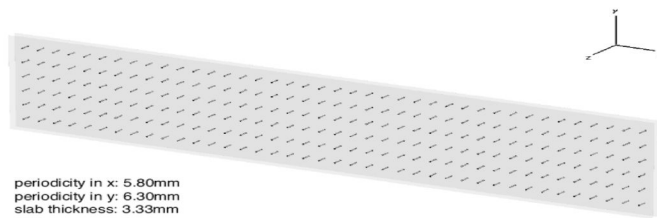
۳-۱۲- متامتریال ها

متامتریال ها عموماً ترکیبی از هادیها که روی دی الکتریک چاپ می شوند، می باشند. پارامترهای پراکندگی این مواد در یک موجبر با خصوصیات معادل پلازما یا ساختار تشدید آنالیز و مقایسه می شوند. متامتریال ها مواد مصنوعی هستند که با استفاده از ایجاد برخی خصوصیات ویژه در مواد معمولی بوجود آمده و خصوصیات الکترو مغناطیسی آنها کمی متفاوت با مواد معمولی می باشد. این مواد همچنین بعنوان ساختارهای الکترومغناطیسی همگن مصنوعی با خصوصیات غیر عادی که به سهولت در طبیعت یافت نمی شوند نیز شناخته می شوند. خصوصیت جالب توجه متامتریال ها اینست که ضریب شکستشان می تواند منفی یا نزدیک به صفر شود. طبق قوانین الکترو مغناطیسی اگر ضریب شکست ماده ای نزدیک به صفر شود، پدیده فوق شکست رخ داده و امواج بازتابشی به جهت بردار نرمال سطح نزدیک شده و باعث متمرکز شدن میدانها شده و خصوصیات تشعشی بطور موثری بهبود می یابد. بدین منظور ماده متامتریال با ضریب شکست نزدیک به صفر در فرکانس مورد نظر به صورت لایه فوقانی در بالای صفحه تشعشی آنتن قرار گرفته و تاثیر آن در بهره آنتن بررسی خواهد شد.

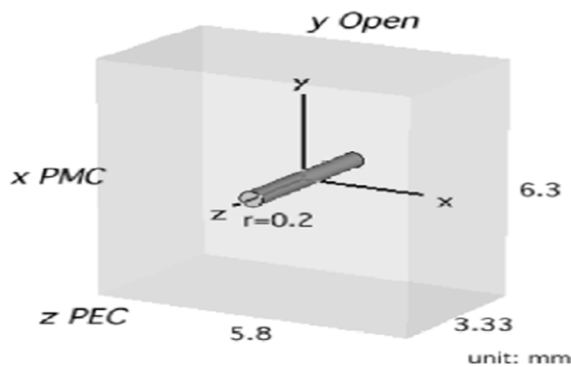
پس از معرفی مواد متامتریال و بررسی خصوصیات این مواد، می خواهیم تاثیر استفاده از این مواد را در سیستم های تشعشی بررسی کنیم. این مواد دارای خصوصیات منحصر به فردی می باشند که بواسطه این خصایص می توان راندمان سیستم های تشعشی را بطور موثری بهبود بخشید. مهمترین ویژگی این مواد اینست که ضرایب نفوذ پذیری الکتریکی و مغناطیسی شان در برخی از فرکانس ها صفر یا کوچکتر از صفر شده و در نتیجه ضریب شکست نیز دچار تغییر می شود. طبق قوانین الکترو مغناطیسی اگر ضریب شکست ماده ای نزدیک به صفر باشد، جهت موج خروجی از سطح به جهت بردار نرمال نزدیک شده (پدیده فوق شکست) و در نتیجه منجر به متراکم شدن میدان های الکترو مغناطیسی شده و دایرکتیویته و گین آنتن افزایش می یابد. ویژگی دیگر این مواد اینست که به علت پشتیبانی از امواج وارونه، منجر به چند بانده شدن آنتن می شوند، یعنی آنتن در چند باند فرکانسی مختلف

عملکرد تقریباً یکسانی خواهد داشت. در این پایان نامه تاثیر استفاده از این مواد در آنتن ها، بررسی خواهد شد.

برای مطالعه خصوصیات متامتریال، یک تکه یا سلول از ساختار کلی برای بدست آوردن پارامترهای پراکندگی، داخل موجبر قرار می گیرد. تکه یا سلول برای ساختار رشته ای در شکل ۳-۲۱ نشان داده شده است [۳۸].

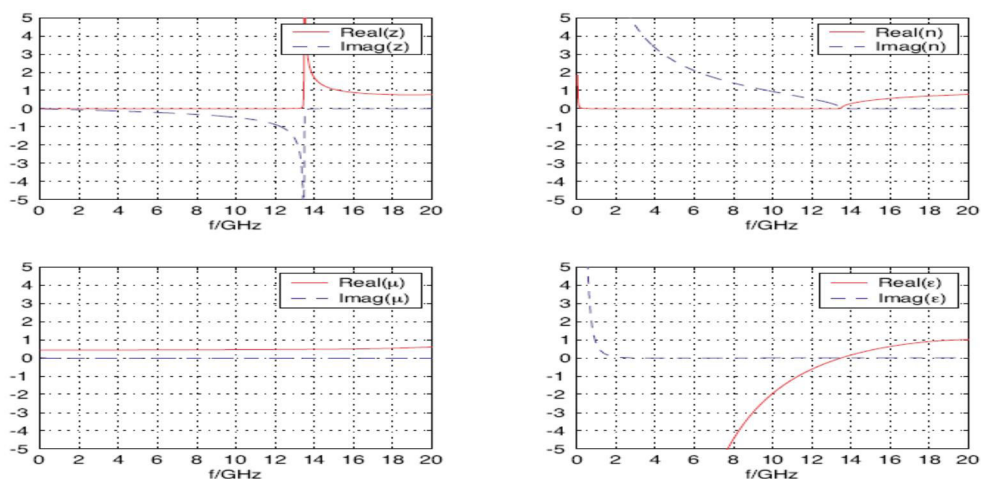


شکل ۳-۲۰- ساختار میله ای، میان موجبر صفحه موازی در صفحه x-y



شکل ۳-۲۱- سلول واحد قرار گرفته شده در موجبر فرضی

رشته موجود از جنس هادی کامل الکتریکی و زمینه هوا، مدل سازی می شود. سطوح بالایی و پایینی خصوصیات مرزی PEC و سطوح چپ و راستی خصوصیات مرزی PMC و صفحات روبرو و پشتی شرایط کرانه ای فضای آزاد را دارند. پورت موجبر در مرزهای آزاد قرار گرفته و چگالی حلقه ها برای هر طول موج ۱۰ ردیف است. با استفاده از پارامترهای پراکندگی موجبر، می توانیم ضرایب موثر را در تمام فرکانس ها بدست آوریم. با توجه به نتایج حاصله، فرکانس پلاسما در حدود ۱۳.۵ گیگاهرتز استخراج می شود. شکل ۳-۲۲ را ببینید:



شکل ۳-۲۲- نتایج بدست آمده برای محیط میله ای

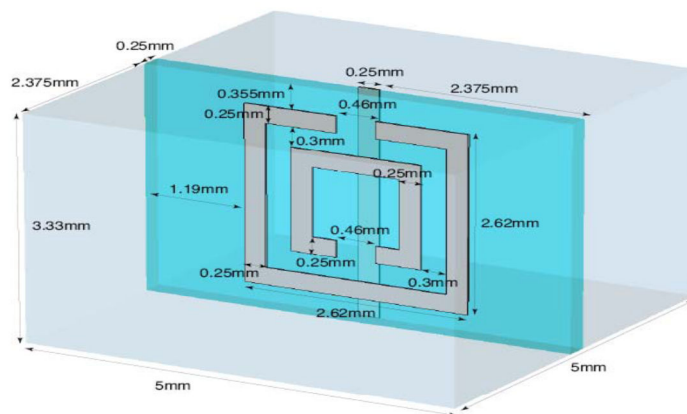
پس برای میدانهای دور، اگر فرکانس کاردر حدود ۱۳.۵ گیگاهرتز انتخاب شود، ضریب شکست نزدیک به صفر بوده و در نتیجه امکان داشتن بیم تیزتری فراهم می شود [۳۸]. با استفاده از ساختار رشته ای، ما فقط می توانیم ضریب گذردهی موثر را در یک فرکانس مشخصی صفر کرده و در نتیجه ضریب شکست را در فرکانس متناظر، صفر کنیم. ولی هدف نهایی ما بدست آوردن ساختاری است که بتوانیم ضریب مغناطیسی موثر را در یک فرکانسی نزدیک به فرکانسی که ضریب گذردهی موثر برابر صفر است، در حدود صفر بدست آوریم. بنابراین بدست آوردن رنجی که در آن $n=0$ است، ما میتوانیم انتظار داشتن بیم تیزی را در یک باند فرکانسی پهن، داشته باشیم. با توجه به نتایج بدست آمده برای (ضرایب گذردهی و مغناطیسی موثر) قادر به گفتن اینکه متامتریال ها، مواد همگنی هستند، می باشیم. مقایسه ساختارهای مختلف متامتریال بعنوان زیر لایه

در این قسمت چندین ساختار مختلف متامتریال بعنوان زیر لایه برای آنتن ها ارائه می شود. برای هر ساختار ابعاد سلول واحد مشخص شده و ضرایب موثر بر اساس شبیه سازی و بدست آوردن پارامترهای پراکندگی در داخل موجبر، استخراج می شود. تمام این ساختارها چپ گرد بوده و در نتیجه ناحیه ای وجود خواهد داشت که در آن است. ضریب شکست در فرکانسهایی که یکی یا هر دوی ضرایب مساوی صفر شوند، برابر صفر می شود. پس ما به ارزیابی این ساختارها و یافتن اینکه کدامیک دارای بهترین

عملکرد برای هدفمان است می پردازیم. در حالت ایده ال ما تمایل به یافتن ساختاری هستیم که از لحاظ تنظیم و ساخت راحت باشد، پس ساختار را برای اینکه دارای خصوصیات مد نظرمون در فرکانس 10 گیگاهرتز باشد، بهینه سازی می کنیم. [۳۸].

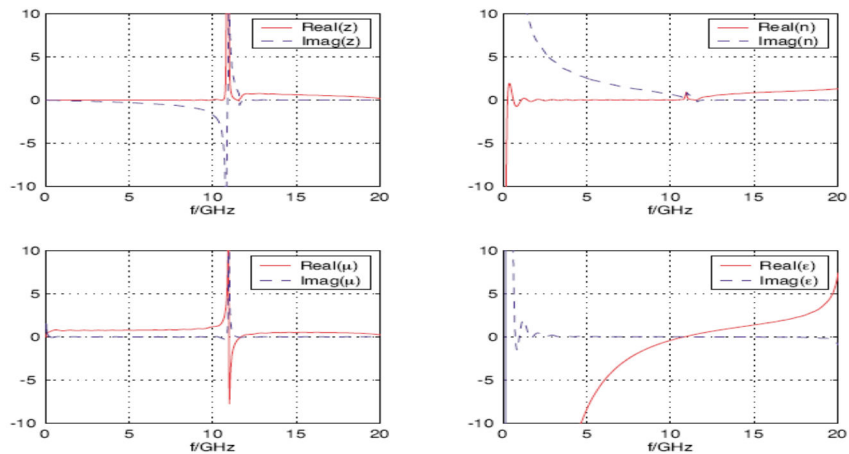
۳-۱۲-۱ ساختار حلقه مجزای یک بعدی

متامتریال ها دو بعدی، به جهت اینکه در صفحه X-Y ما را قادر به داشتن ماده ای با خصوصیات همگن، می کنند مفید هستند. ساختن یک ساختار دو بعدی محکم، سخت است، ولی ساختارهای یک بعدی برای ساخت، راحتتر می باشند. سلول واحد این ساختار در شکل ۳-۲۳ نشان داده شده است [۳۸].



شکل ۳-۲۳- سلول واحد ساختاریک بعدی حلقه مجزا در یک موجبر [۳۸]

نتایج بدست آمده در شکل ۳-۲۴ نشان داده شده است، ولی با این وجود نمونه دو بعدی عملکرد بهتری از خود نشان می دهد.

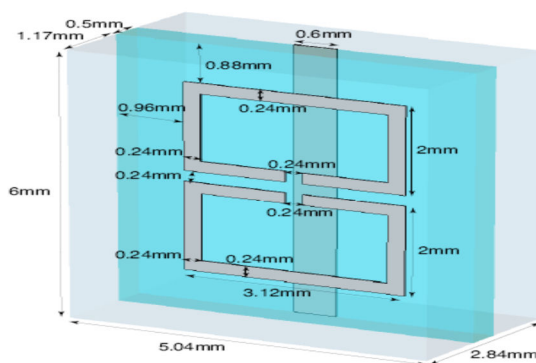


شکل ۳-۲۴- نتایج بدست آمده برای ساختار یک بعدی حلقه مجزا

نمونه یک بعدی، دارای فضای اشغال شده زیادی توسط میله ها بوده و باعث می شود که فرکانس پلاسما کاهش پیدا کند.

۳-۱۲-۲- ساختار حلقه متقارن

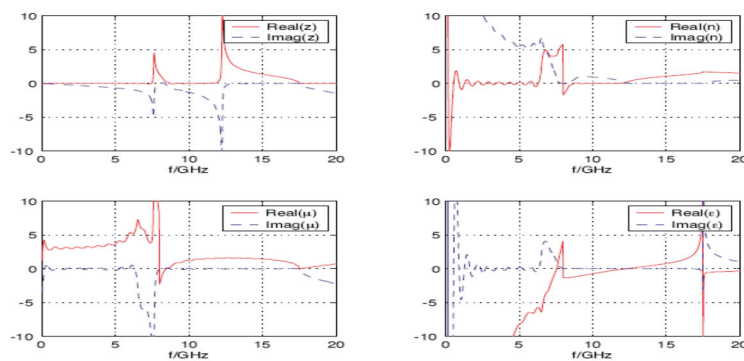
نمونه کلاسیک بعدی متامتریال ها، ساختار حلقه ی متقارن می باشد، سلول واحد و اندازه آن در شکل ۳-۲۵ نشان داده شده است [۳۸].



شکل ۳-۲۵- سلول واحد ساختار حلقه ای متقارن در یک موجبر

همانطور که در شکل نشان داده شده است، تشدید در نزدیکی فرکانس ۸ گیگاهرتز صورت می گیرد و در باند فرکانسی ۸.۵ تا ۱۲ گیگاهرتز، ضریب شکست در حدود صفر بوده، ولی قسمت موهومی آن

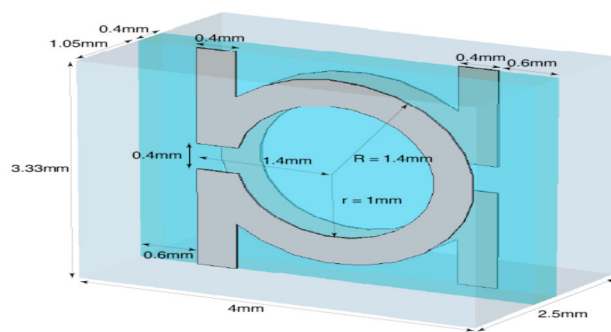
اندکی بزرگ است. بنابراین بجای مشاهده تشعشع سمتی در تمام فرکانسهای این رنج، می توانیم نتایج را در فرکانس انتهایی بررسی کرده و به جواب های قابل قبولی نائل شویم. این ویژگی اجازه تنظیم را بصورت مجزا نیز می دهد.



شکل ۳-۲۶- نتایج بدست آمده برای ساختار حلقه متقارن در یک موجبر

۳-۱۲-۳- ساختار omega

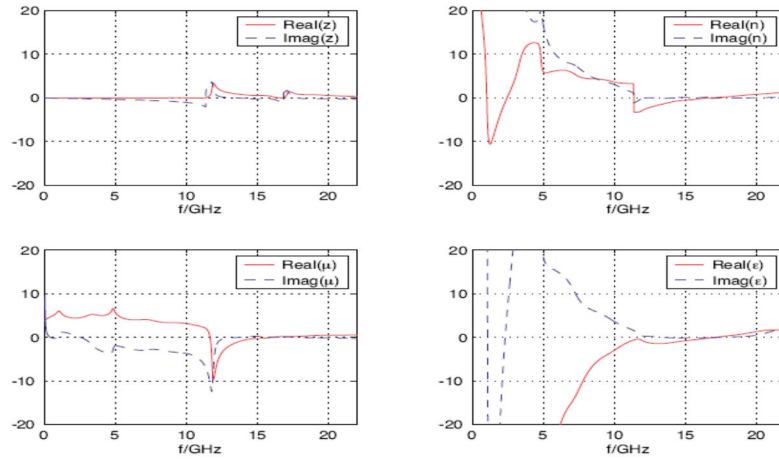
یکی دیگر از ساختارهای متامتریال، ساختار omega شکل می باشد. سلول واحد و اندازه آن در شکل ۳-۲۷ نشان داده شده است [۳۸].



شکل ۳-۲۷- سلول واحد ساختار omega در یک موجبر

نتایج استخراج شده برای این ساختار در شکل ۳-۲۸ نشان داده شده است. مشاهده می شود که نتایج بدست آمده برای فرکانسهای زیر ۱۱ گیگاهرتز بعلت اینکه رشته ها با حلقه ها تزویج دارند، خوب نیستند. که به این معنی است که μ و ϵ تزویجی هستند. در نزدیکی فرکانس های $11/4$ گیگاهرتز و

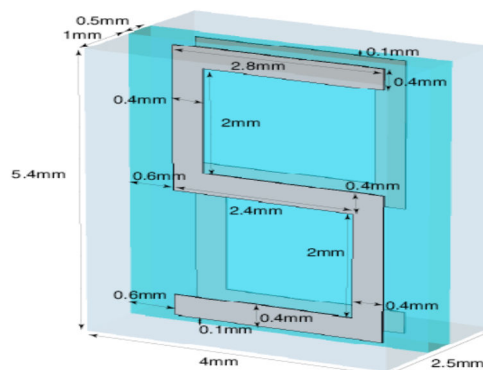
۱۶/۸ گیگاهرتز ضریب شکست n تقریباً مساوی صفر بوده و قسمت موهومی n به صفر خیلی نزدیک است. پس می توانیم ناحیه ای داشته باشیم که تشعشعات سمتی را مشاهده کنیم.



شکل ۳-۲۸- نتایج بدست آمده برای ساختار omega

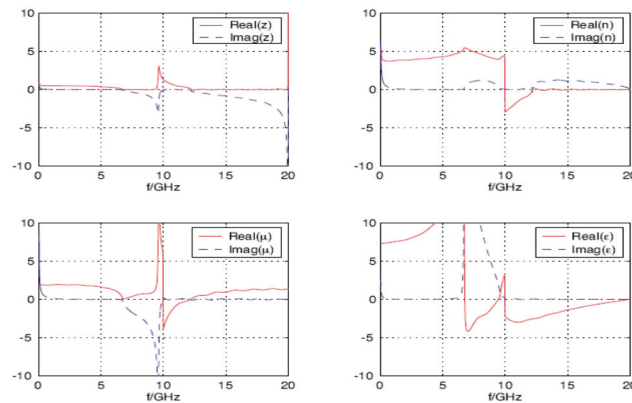
۳-۱۲-۴- ساختار S

ساختار جدید دیگری از متامتریال ها، ساختار تزویجی S شکل می باشد. [۳۸] در این ساختار قسمتهای حلقه ای و میله ای زیادی قابل مشاهده نبوده ولی دارای خصوصیتی مثل فرکانس پلاسمای الکتریکی و فرکانس رزونانس مغناطیسی میباشد. سلول واحد و اندازه آن در شکل ۳-۲۹ و نتایج بدست آمده متناظر، در شکل ۳-۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۹- سلول واحد ساختار S در یک موجبر

چون ساختار S، انحنای کمی دارد، نتایج بدست آمده نسبتاً خوب می باشند.



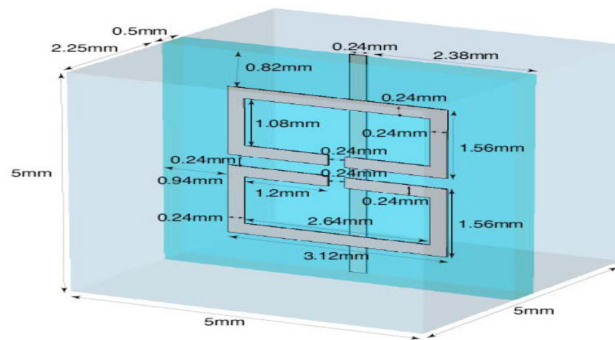
شکل ۳-۳۰- نتایج بدست آمده برای ساختار S

بطور مشابه S نیز دارای دو فرکانس بوده که در آنها ضریب شکست نزدیک به صفر می باشد. که عبارتند از $12/2$ گیگاهرتز و 20 گیگاهرتز. ضریب شکست در میان این دو فرکانس تقریباً مساوی صفر می باشد. پس از بررسی تمام این ساختارهای، مشاهده می کنیم که ضرایب ϵ و μ در ساختارهای S و ω ، بصورت تزویجی می باشند که باعث تنظیم شدن سخت این ساختارها می شود. ساختار حلقه متقارن، سمت دهی خوب و تنظیم راحت تر نفوذ پذیری مغناطیسی را بعلاوه تقارن حلقه هایش از خود نشان می دهد. ولی ساختار حلقه مجزا، بعلاوه داشتن پارامترهای پیچیده تر، سخت تر تنظیم می شود.

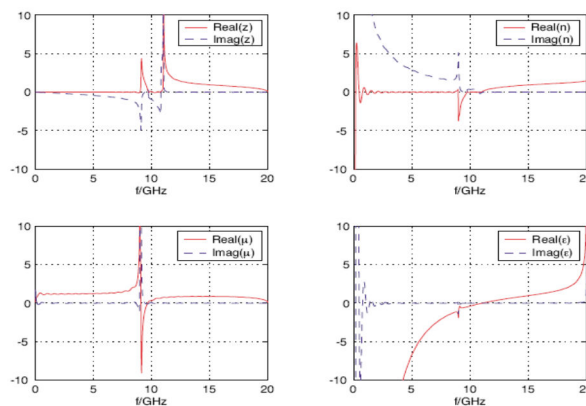
۳-۱۲-۵- ساختار بهینه شده متامتریال

در اینجا ما ساختار حلقه های متقارن را بدلیل ساده تر بودن و امکان کنترل مجزای ϵ و μ ، برای بهینه سازی، انتخاب می کنیم و چون بیم اصلی آن اساساً درجهت عمود می باشد، برای کاربرد در آنتن های سمتی، مفیدتر خواهد بود [۳۸]. برای اینکار، ناحیه مایکروویو را با تقریب هندسی، مقیاس بندی کرده و برخی از پارامترها را برای بدست آوردن باند پهن تر و عرض بیم کمتر تغییر می دهیم. اگر به نتایج بدست آمده در دو فرکانسی که در آنها ضریب شکست در حدود صفر است، نگاه کنیم

متوجه می شویم که قسمت موهومی η در حد واصل آن ها، برای حفظ توان، خیلی بزرگ است. پس ما می خواهیم بجای داشتن دو ناحیه کوچک که در آنها سمت دهی و توان بالا داشته باشیم، یک ناحیه نسبتا بزرگ با همین ویژگی ها داشته باشیم. برای بهینه سازی، شبیه سازی موجبری PEC و PMC سلول واحد را انجام داده و از پارامترهای S بدست آمده ضرایب موثر نفوذ پذیری مغناطیسی و نفوذ پذیری الکتریکی و ضریب شکست را برای تشعشعات میدان های دور بدست می آوریم. اگر نتایج روش تحلیلی در این قسمت رضایت بخش نباشد، هندسه سلول واحد تا وقتیکه روش تحلیلی در یک باند نسبتا پهنی، سمت دهی و توان بالایی از خود نشان دهد، دچار تغییر می شود [۴۳]. ساختار بهینه شده نهایی، در شکل ۳-۳۱ و نتایج استخراج شده، در شکل ۳-۳۲ نشان داده شده است:



شکل ۳-۳۱- سلول واحد ساختار بهینه شده در موجبر



شکل ۳-۳۲- نتایج بدست آمده برای ساختار نهایی

همانطور که قابل مشاهده است، دو فرکانسی که در آنها ضریب شکست حدوداً صفر می شود، بهم خیلی نزدیک هستند و قسمت موهومی n نیز میان این دو فرکانس نسبتاً کوچک است، در واقع با این کار ما فرکانس پلاسمای الکتریکی را کاهش داده و فرکانس تشدید و مغناطیسی ساختار را افزایش داده ایم. فرکانس پلاسمای الکتریکی به سبب رشته های هادی و تناوبشان مرتبط است، کمترین تناوب، بالاترین فرکانس پلاسمای را دارد. بنابراین افزایش تناوب سلول واحد، منجر به کاهش فرکانس پلاسمای الکتریکی می شود. در ضمن فرکانس تشدید مغناطیسی با اندازه حلقه ارتباط دارد، در اینجا فرض می شود که ماده ایده آل می باشد، یعنی فلز با هادی کامل الکتریکی مدل سازی شده و دی الکتریک موجود، کم افت می باشد [۴۴] تغییر در مشخصات ماده، منجر به تغییر ضرایب موثر نفوذ پذیری مغناطیسی و نفوذ پذیری الکتریکی می شود. نتایج بدست آمده در شکل ۳-۳۲ نشان داده شده اند.

**فصل چهارم: طراحی آنتن فوق
فراپهن باند پیشنهادی با
استفاده از فرکتال و قابلیت
حذف دو باند متداخل**

۴-۱-مقدمه

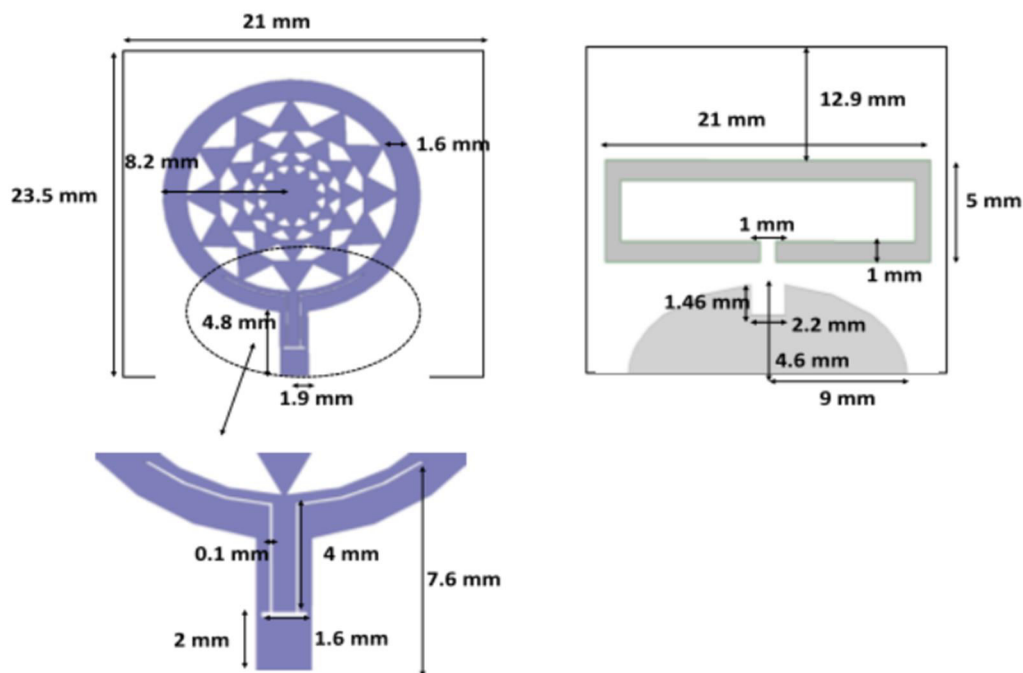
در این فصل یک آنتن فوق فراپهن باند با استفاده فناوری میکرواستریب و به روش ساختار فرکتال طراحی و شبیه سازی شده است . دلیل استفاده استفاده از اصطلاح فوق فرا پهن باند به جای فراپهن باند این است که همان طور که در فصل اول توضیح داده شد پهنای باند یک آنتن UWB از فرکانس ۳/۱-۱۰/۶ GHz می باشد و درصد پهنای باند آنتن ها فراپهن باند ۱۲۰ درصد می باشد(در ادامه فرمول محاسبه درصد پهنای باند به صورت کامل توضیح داده می شود) در حالی که پهنای باند آنتن پیشنهادی طراحی شده در این پایان نامه از فرکانس ۲/۶-۴۰ GHz می باشد و درصد پهنای باند پیشنهادی طراحی شده ۱۶۰ درصد می باشد در نتیجه درصد پهنای باند آنتن پیشنهادی این پایان نامه سه برابر درصد پهنای باند آنتن های uwb می باشد به همین دلیل به آنتن پیشنهادی عبارت فوق فراپهن باند نسبت داده می شود .

در این فصل ابتدا مراحل طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی به صورت سه مرحله ای توضیح داده می شود .

در مرحله اول مراحل طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی به روش میکرواستریب توضیح داده می شود . و در مرحله ای دوم برای کاهش سایز آنتن پیشنهادی فوق فراپهن باند از ساختار فرکتال استفاده می کنیم به همین دلیل قبل از توضیح نحوه کاهش سایز آنتن توسط ساختارها فرکتال ، ابتدا ساختارها و انواع ساختارها فرکتال به صورت خلاصه توضیح داده می شود .در مرحله سوم برای ایجاد

باندها حذفی متداخل از ساختارهای متامتریال استفاده می‌کنیم و نحوه حذف باندها متداخل توسط ساختارها متامتریال مناسب توضیح داده می‌شود.

هندسه آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی یعنی از فرکانس ۲/۶-۴۰ GHz به همراه دو باند متداخل حذف شده wimax با فرکانس ۳/۴-۳/۷ GHz و wlan با فرکانس ۵/۱-۵/۸۵ GHz در شکل ۱-۴ نشان داده شده است



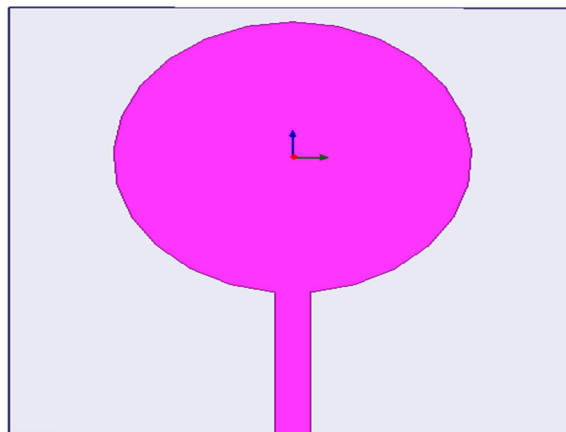
شکل ۱-۴- هندسه آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی به همراه دو باند متداخل حذف شده

برای طراحی آنتن پیشنهادی از فناوری میکرواستریب استفاده شده است و توسط یک ساختار فرکتال مناسب کوچک سازی شده است. برای طراحی آنتن پیشنهادی از زیر لایه FR4 با ضخامت استاندارد ۱ mm و ضریب گذردهی ۴/۴ استفاده شده است. ابعاد کلی آنتن $21\text{ mm} \times 23.5\text{ mm} \times 7.6\text{ mm}$ می باشد. آنتن پیشنهادی شامل یک خط انتقال میکرواستریب و یک پیچ دایروی است و در داخل پیچ دایروی آنتن ساختار فرکتال مثلی شکل به صورت متناوب ایجاد شده است. در داخل خط انتقال میکرواستریب یک نیم حلقه متامتریال به شکل u برای حذف باند متداخل wlan با فرکانس

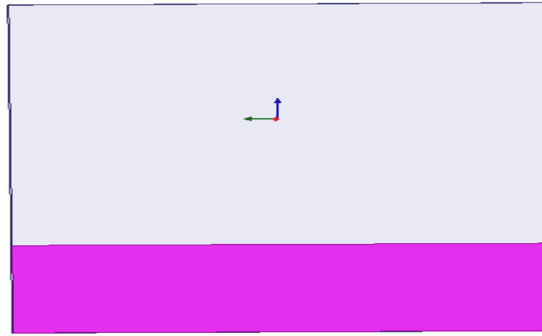
۵/۱-۵/۸۵ GHz ایجاد شده است . صفحه زمین آنتن شامل دو قسمت می باشد ،قسمت نصف بیضی شکل به عنوان صفحه زمین اصلی می باشد دلیل استفاده از صفحه نیم بیضی شکل افزایش پهنای باند بیشتر و تبدیل آنتن به یک آنتن فوق فراپهن باند می باشد و هم چنین برای افزایش پهنای باند بیشتر یک شکاف مستطیلی در قسمت بالا صفحه زمین بیضی شکل درست در زیر خط انتقال ایجاد شده است . در بالا صفحه زمین نیم بیضی شکل ، یک نیم حلقه متمتریالی به شکل مستطیل قرار دارد این نیم حلقه مستطیل شکل متمتریالی باعث حذف باند متداخل wimax با فرکانس ۳/۷ GHz- ۳/۴ می شود .

۲-۴- طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی [۱۲]

برای شروع طراحی از یک آنتن میکرواستریب ساده که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است استفاده می کنیم. آنتن مورد نظر شامل یک صفحه زمین تک قطبی ، یک خط انتقال و یک پچ دایره ای ساده می باشد.[۱۲]



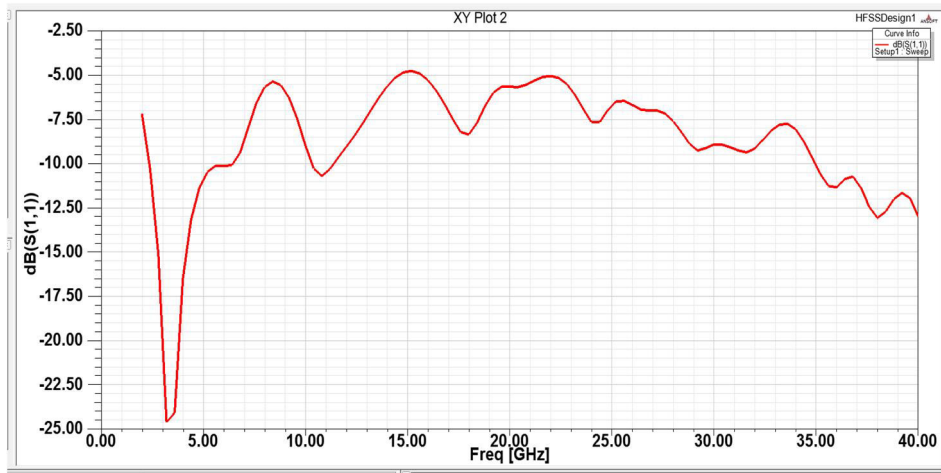
(الف)



(ب)

شکل ۲-۴-هندسه آنتن پچ دایره ای ساده اولیه (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن

تلفات بازگشتی آنتن پچ ساده در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. [۱۲]

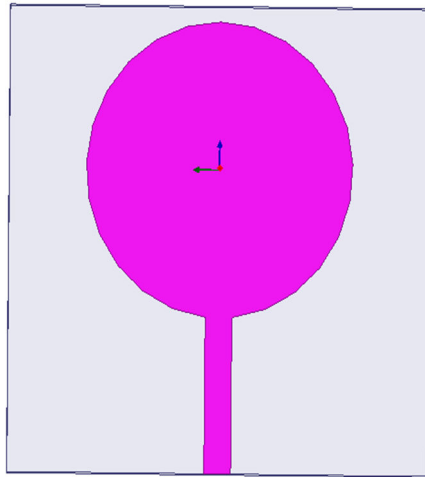


شکل ۳-۴ تلفات بازگشتی آنتن پچ دایره ای ساده اولیه [۱۲]

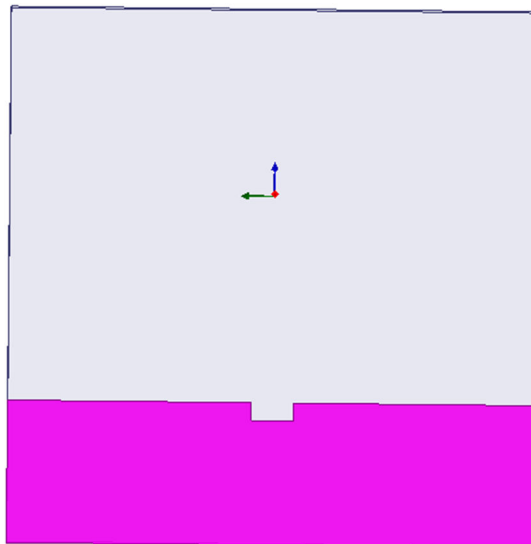
در شکل ۳-۴ می بینید که فقط از فرکانس ۳-۷ GHz و ۳۵-۴۰ تلفات بازگشتی آنتن در زیر معیار s11 کمتر از 10 db قرار دارد ، در حالی که برای استاندارد فرا پهن باند باید تلفات بازگشتی آنتن حداقل از فرکانس ۳/۱-۱۰/۶ GHz در زیر 10 db قرار داشته باشد. به همین دلیل برای افزایش پهنای باند آنتن باید تغییراتی در شکل این آنتن ساده ایجاد شود. [۱۲]

۴-۲-۱- طراحی آنتن فراپهن باند [۱۵]

برای افزایش پهنای باند و تبدیل آنتن به یک آنتن فرا پهن باند مطابق شکل ۴-۴ یک مستطیل در زیر خط انتقال در صفحه زمین تک قطبی ایجاد می کنیم سپس با تغییر طول و عرض این مستطیل و سایر قسمت های آنتن پهنای باند را افزایش داد. [۱۵]



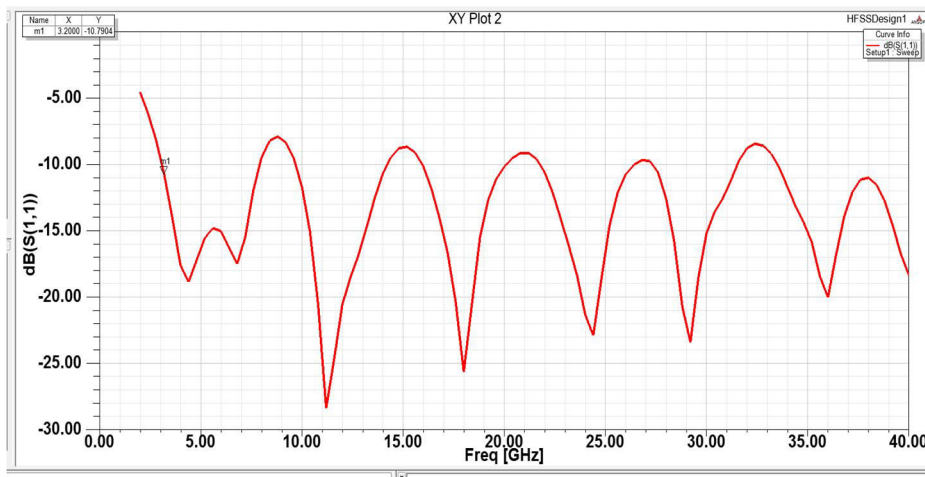
(الف)



(ب)

شکل ۴-۴ هندسه آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵]

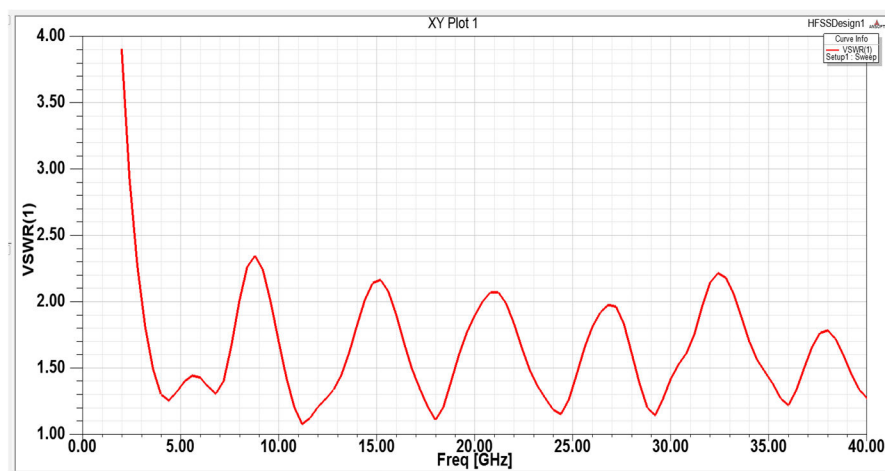
تلفات بازگشتی آنتن بعد از اضافه کردن مستطیل کوچک در زیر خط انتقال در صفحه زمین تک قطبی در شکل ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۵ تلفات بازگشتی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵]

در شکل ۴-۵ می بینید که بعد از کم کردن قسمت مستطیلی در صفحه زمین و در زیر خط انتقال نمودار و بهینه سازی ابعاد سایر قسمت ها آنتن ، s_{11} از فرکانس ۳ GHz تا فرکانس ۴۰ GHz در زیر خط ۸ db- قرار می گیرد در نتیجه پهنای باند آنتن در این حالت به ازای s_{11} کمتر از ۸ db- بیشتر از ۳۷ GHz می باشد. ولی باید نمودار s_{11} در زیر ۱۰ db- قرار گیرد. [۱۵]

نمودار VSWR آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.

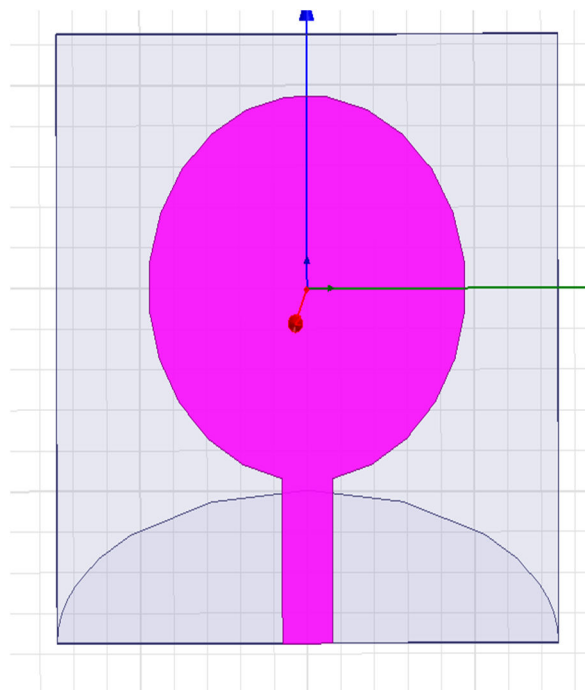


شکل ۴-۶ نمودار VSWR آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین مستطیلی [۱۵]

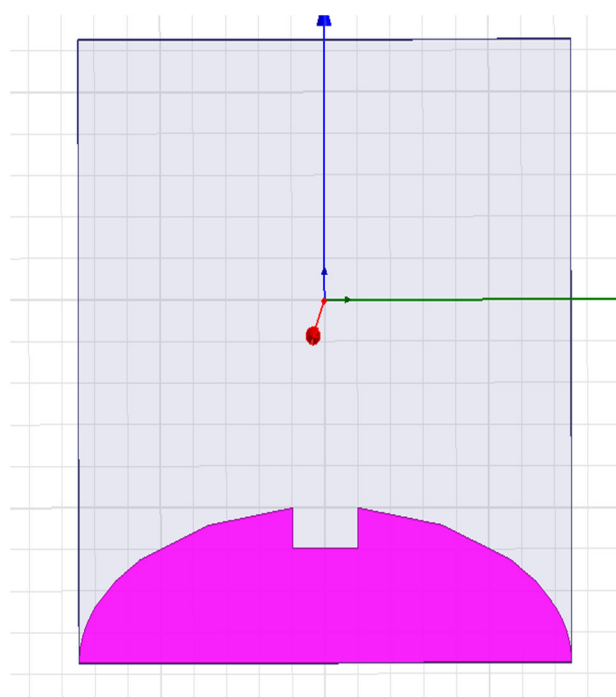
در شکل ۴-۶ می بیند که نمودار VSWR آنتن مورد نظر از فرکانس ۳۰-۳ GHz در زیر معیار VSWR کمتر از ۲/۵ قرار دارد در نتیجه پهنای باند آنتن در حالت به ازای معیار VSWR کمتر از ۲/۵ برابر ۳۷ GHz می باشد. اما نمودار VSWR باید در کل باند کمتر از 2 باشد. [۱۵]

۴-۲-۲- طراحی آنتن فوق فراپهن باند [۳۲]

در مرحله سوم برای افزایش پهنای باند خیلی زیاد آنتن و تبدیل آنتن به یک آنتن فوق فراپهن باند با بریدن گوشه ها صفح زمین مستطیل شکل ، صفحه زمین را به یک نیم بیضی شکل تبدیل می کنیم .
هندسه آنتن با صفحه زمین نیم بیضی شکل در شکل ۴-۷ نشان داده شده است. [۳۲]



(الف)

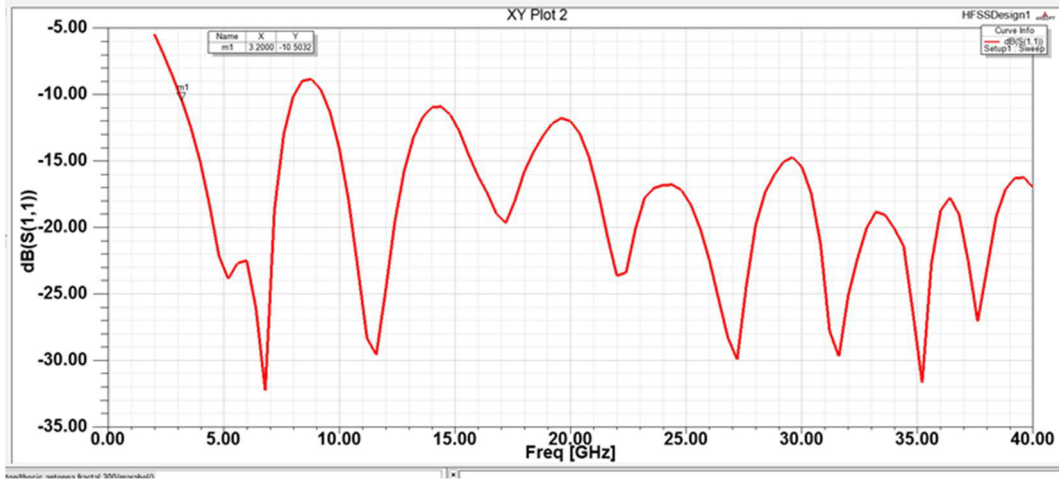


(ب)

شکل ۴-۷ هندسه آنتن با صفحه زمین نیم بیضی شکل [۳۲]

تلفات بازگشتی آنتن بعد از تبدیل صفحه زمین مستطیلی به نیم بیضی در شکل ۴-۸ نشان داده شده

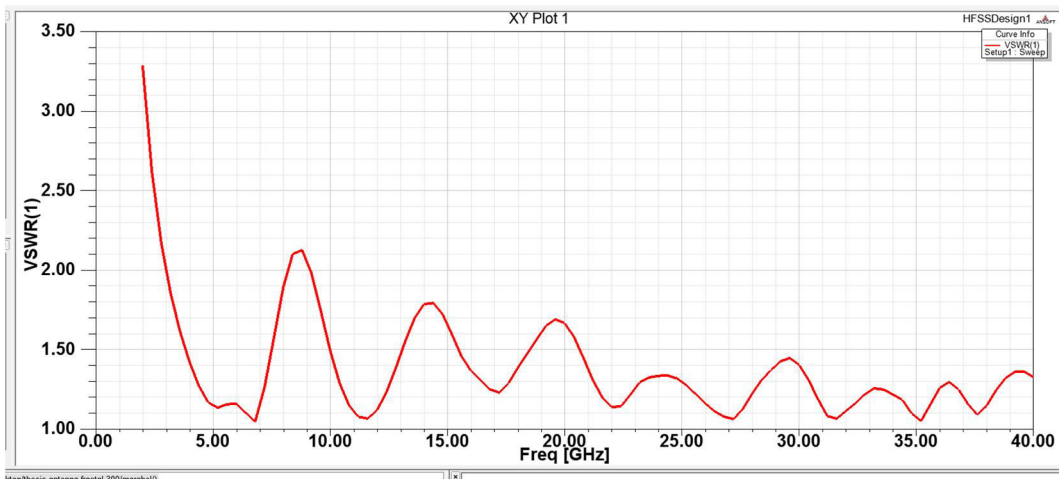
است. [۳۲]



شکل ۴-۸ تلفات بازگشتی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی صفحه زمین نیم بیضی [۳۲]

در شکل ۴-۸ می بینید که بعد از تغییر صفحه زمین مستطیل شکل به نیم بیضی و بهینه سازی ابعاد سایر قسمت ها آنتن ، s11 از فرکانس ۳ GHz تا فرکانس ۴۰ GHz در زیر خط -10 db قرار می گیرد در نتیجه پهنای باند آنتن در این حالت بیشتر از ۳۷ GHz می باشد. [۳۲]

نمودار VSWR آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی با صفحه زمین نیم بیضی در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۹ نمودار VSWR آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی صفحه زمین نیم بیضی [۳۲]

شکل ۴-۹ می بیند که نمودار VSWR آنتن مورد نظر از فرکانس ۳-۴۰ GHz در زیر معیار VSWR کمتر از ۲ قرار دارد در نتیجه پهنای باند آنتن در حالت به ازای معیار VSWR کمتر از ۲ برابر GHz ۳۷ می باشد. [۳۲]

۳-۴- کاهش سایز آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با استفاده از ساختار فرکتال

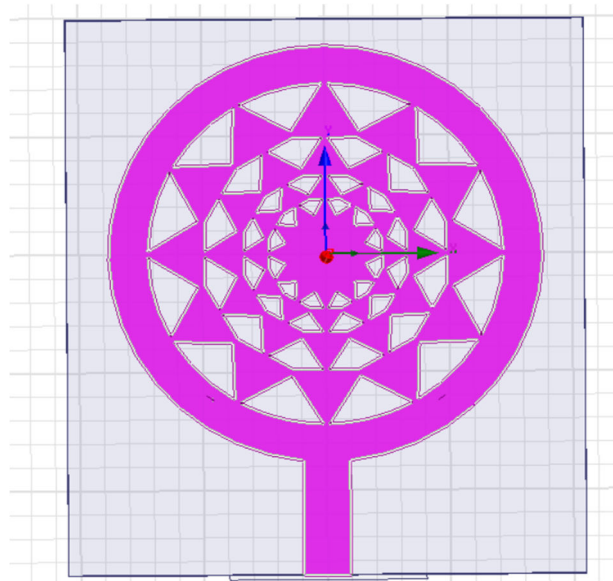
مثلی

سایز آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ می باشد این حداقل سایز ممکن برای دستیابی به فرکانس ۳ GHz می باشد در نتیجه برای اینکه آنتن با سایز کوچک تری بتواند در همین فرکانس کار کند از ساختار فرکتال استفاده می کنیم .

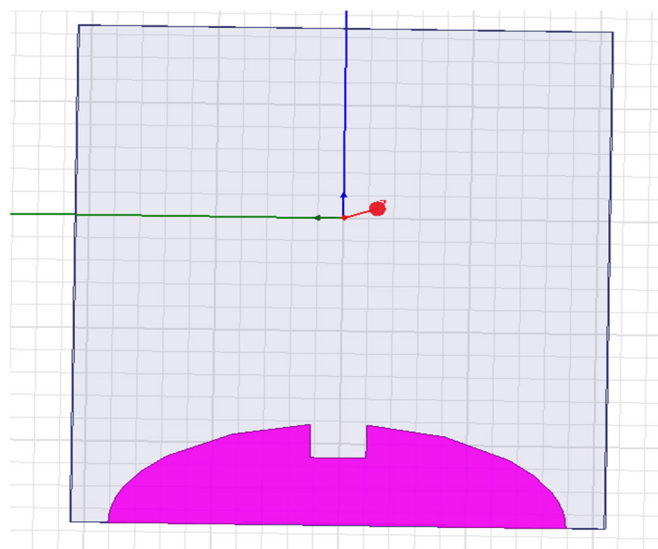
۳-۴-۱- آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با فرکتال مثلی

برای کوچک سازی آنتن از ساختار فرکتال به شکل مثلث در داخل پچ دایروی آنتن استفاده می کنیم . با استفاده از این ساختار فرکتال سایز آنتن در عین ثابت ماندن فرکانس کاری پایین آنتن یعنی فرکانس $3/1\text{ GHz}$ از $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ به $23.5\text{ mm} \times 21\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ کاهش می باید. فرکانس کاری پایین آنتن تابع بلندترین مسیرهای جریان در داخل آنتن می باشد ، در حالت قبلی یعنی آنتن پچ دایروی ساده بلندترین مسیر جریان ، مسیر اطراف پچ دایروی آنتن است که طول این مسیر بستگی به شعاع پچ دایروی دارد و هر چه شعاع بزرگ تر شود این مسیر طولانی تر می شود در نتیجه در حالت قبلی اگر برای کوچک سازی شعاع پچ دایروی کم تر شود با کاهش شعاع پچ دایره طول بلندترین مسیر جریان در آنتن کم تر می شود و در نتیجه فرکانس کاری پایین آنتن بالا تر می رود به همین دلیل است که در حالت قبلی سایز آنتن را نمی توانستیم کوچک تر کنیم . زمانی که از ساختار فرکتال در داخل پچ دایره ای استفاده می کنیم مسیرهای جریان متعددی در داخل آنتن ایجاد می شود که طول بعضی از این مسیرهای جریان از طولی که به شعاع پچ دایره

وابسته است بیش تر می باشد به همین دلیل در این حالت فرکانس کاری پایین دیگر به شعاع پچ دایروی وابسته نیست و در این حالت می توانیم شعاع پچ دایروی و در نتیجه سایز کلی آنتن را کاهش دهیم. هندسه آنتن بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است.



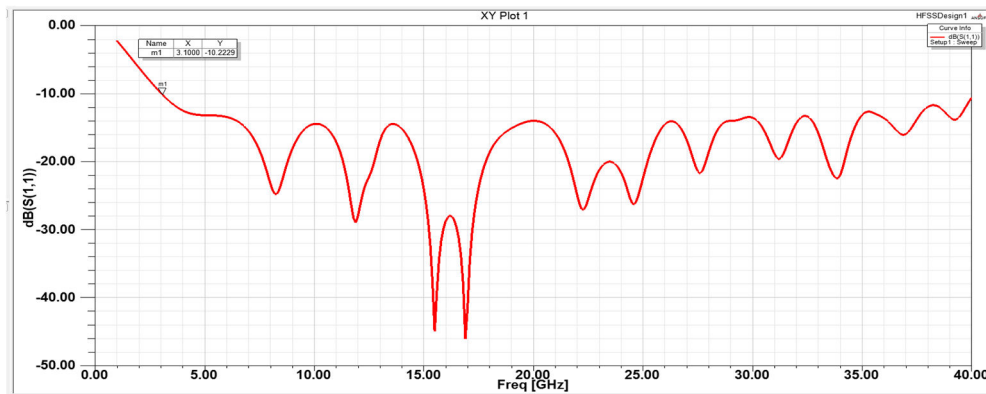
(الف)



(ب)

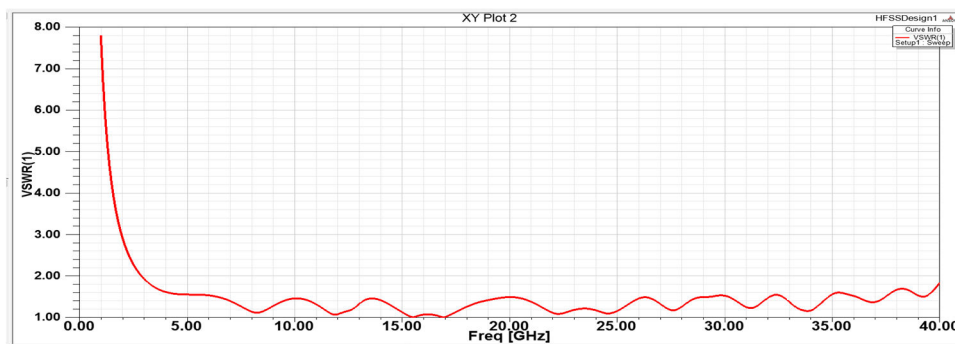
شکل ۴-۱۰- هندسه آنتن بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن

تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است .



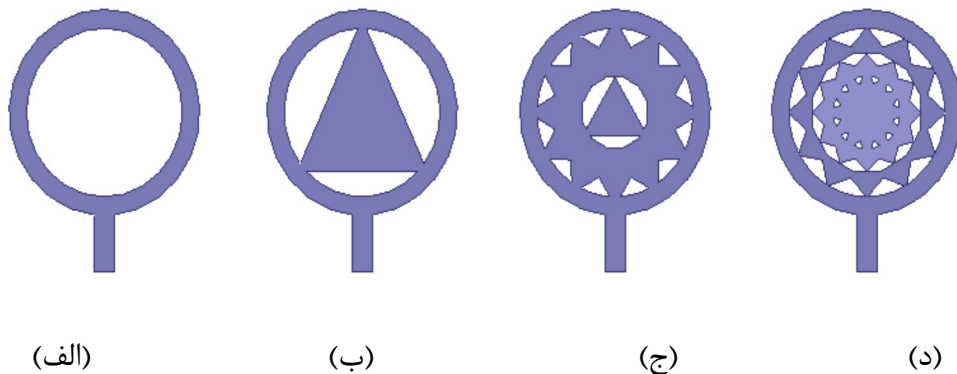
شکل ۴-۱۱- تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی در شکل ۴-۱۱ می بنید که در عین کوچک سازی سایز آنتن از $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ به $21\text{ mm} \times 23.5\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ فرکانس کاری آنتن تغییری نکرده است یعنی با این کاهش سایز همچنان نمودار تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی از فرکانس 3 GHz تا 40 GHz در زیر خط 10 dB قرار دارد در نتیجه استفاده از ساختار فرکتال سبب کاهش 10% درصدی در سایز آنتن بدون تغییر در نتایج آنتن می شود .

نمودار VSWR آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده است .



شکل ۴-۱۲- نمودار VSWR آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از ایجاد فرکتال مثلثی در داخل پچ دایروی

در شکل ۴-۱۲ می بینید که در عین کوچک سازی سایز آنتن از $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ به $23.5\text{ mm} \times 21\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ فرکانس کاری آنتن تغییری نکرده است یعنی با این کاهش سایز همچنان نمودار VSWR آنتن فوق فرابهن باند پیشنهادی از فرکانس ۴۰-۳/۱ GHz در زیر خط ۲ قرار دارد در نتیجه استفاده از ساختار فرکتال سبب کاهش ۱۰ درصدی در سایز آنتن بدون تغییر در نتایج آنتن می شود.



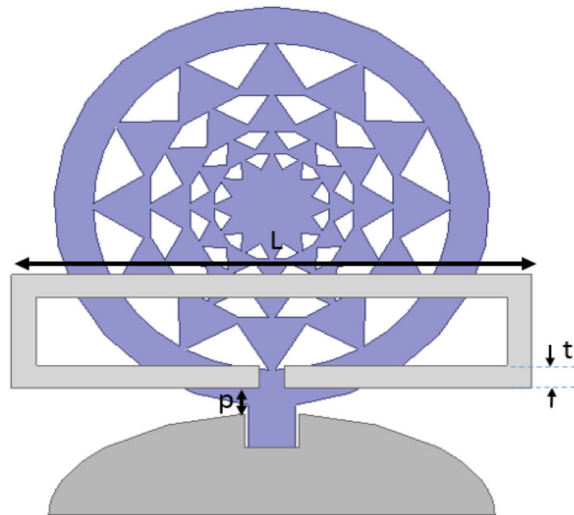
شکل ۴-۱۳- مراحل فرکتال کردن آنتن (الف) و (ب) و (ج) و (د)

در ابتدا مطابق شکل ۴-۱۳- (الف) داخل پیچ دایروی را به صورت کامل خالی می کنیم تا بتوانیم طرح فرکتال پیشنهادی را در داخل آن ایجاد کنیم.

برای ایجاد ساختار فرکتالی از هندسه مثلث استفاده می کنیم و به همین دلیل یک مثلث مطابق شکل ۴-۱۳- (ب) در داخل پیچ دایروی قرار می دهیم. ابعاد مثلث به گونه ای می باشد که تمام سطح دایره را پوشش دهد. در مرحله سوم ابعاد مثلث اول را نصف می کنیم و در مرکز دایره قرار می دهیم و در بالای مثلث یک مثلث دیگر با ابعاد نصف مثلث اول قرار می دهیم و برای اینکه مثلث اول و دوم کل سطح حلقه را پوشش دهد مثلث دوم را به تعداد ۱۲ عدد کپی کرده و آنها را با زاویه ۳۰ درجه حول مرکز قرار می دهیم. هندسه آنتن بعد از ایجاد مثلث دوم و ۱۲ عدد کپی از آن با فاصله ۳۰ درجه حول مرکز در شکل ۴-۱۳- (ج) نشان داده شده است در مرحله آخر ابعاد مثلث اول را

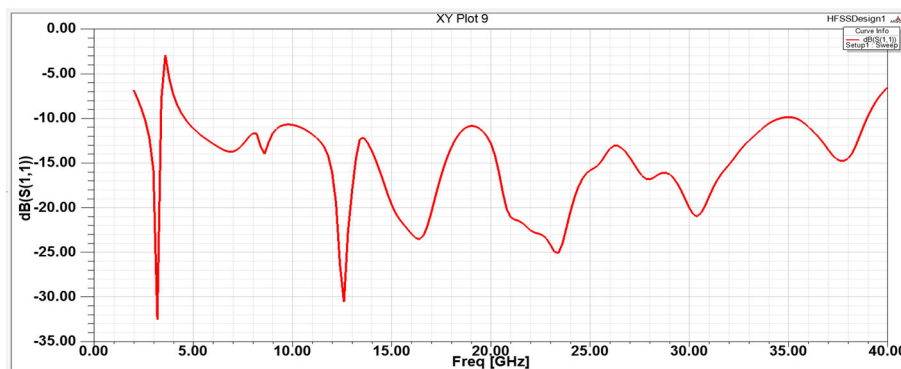
۴-۴-۱- آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با حذف باند متداخل wimax [۴۳]

برای حذف باند متداخل اول یعنی باند wimax با فرکانس کاری GHz ۳/۴-۳/۷ از ساختار متامتریال به شکل حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین استفاده می کنیم . هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است. [۴۳]



شکل ۴-۱۴ هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax [۴۳]

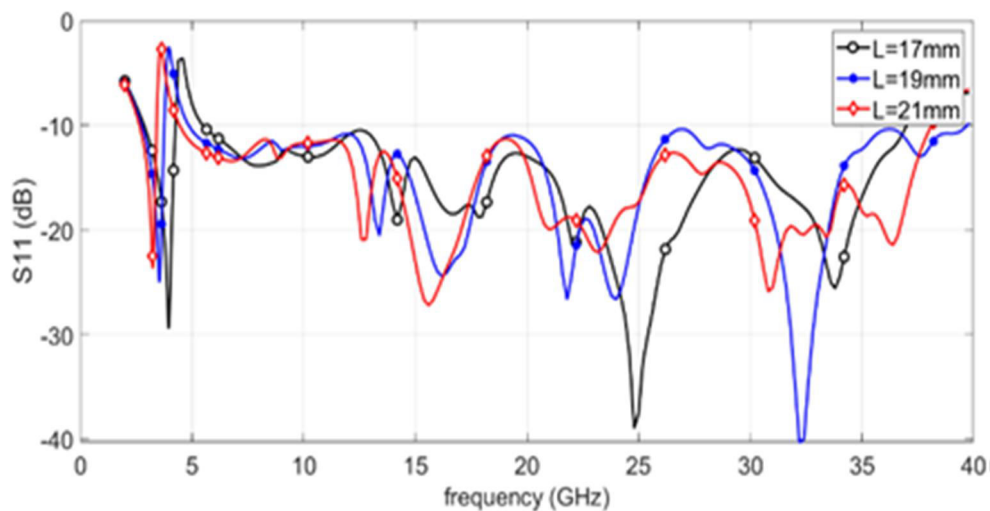
تلفات بازگشتی هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax در شکل ۴-۱۵- نشان داده شده است



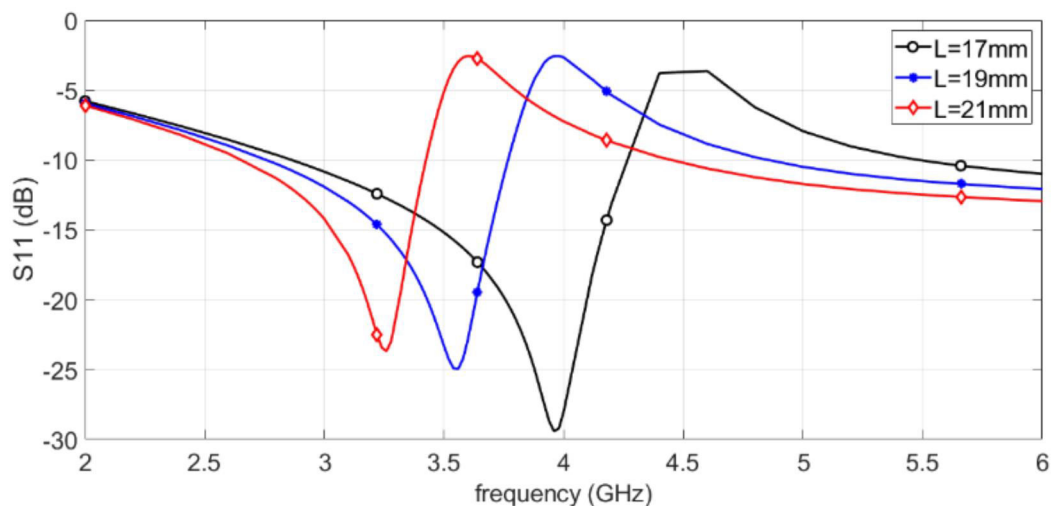
۴-۱۵- تلفات بازگشتی هندسه آنتن پیشنهادی بعد از قرار دادن نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین برای حذف باند متداخل wimax [۴۳]

در شکل ۴-۱۵ می بینید که با قراردادن این نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین و بهینه ابعاد آن ، نمودار تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی از فرکانس ۳/۴-۳/۷ GHz در حدود ۳ db- می باشد. و خیلی بالاتر از خط ۱۰ db- قرار می گیرد و این نشان می دهد که با قرار دادن این حلقه و بهینه سازی طول و عرض قسمت های مختلف آن باند wimax با فرکانس ۳/۴- ۳/۷ GHz با شدت زیادی حذف شده است .

البته باید به این نکته توجه داشت که قرار دادن این نیم حلقه مستطیل شکل باعث حذف این باند متداخل یعنی wimax شده است در نتیجه فرکانس مرکزی و پهنای باند ، باند حذف شده به مشخصات و ابعاد این نیم حلقه مستطیل شکل بستگی دارد. در نتیجه با تغییر مشخصات این نیم حلقه می توان فرکانس مرکزی و پهنای باند ، باند حذفی را کنترل نمود .برای نشان داده نحوه عملکرد این نیم حلقه ، نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی این نیم حلقه در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است . از آنجا که این نیم حلقه از ۵ تیکه فلز باریک که در انتهای یکدیگر قرار داده شده اند تشکیل شده است در نتیجه منظور از طول کلی ، مجموع طول های این ۵ قطعه می باشد [۴۳].



(الف)



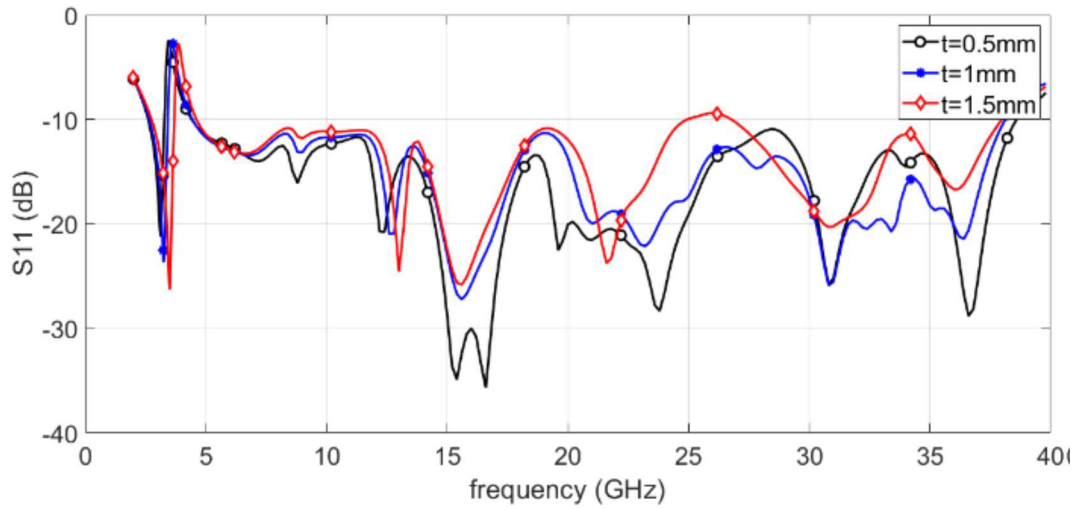
(ب)

شکل ۴-۱۶- (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی این نیم حلقه [۴۳]

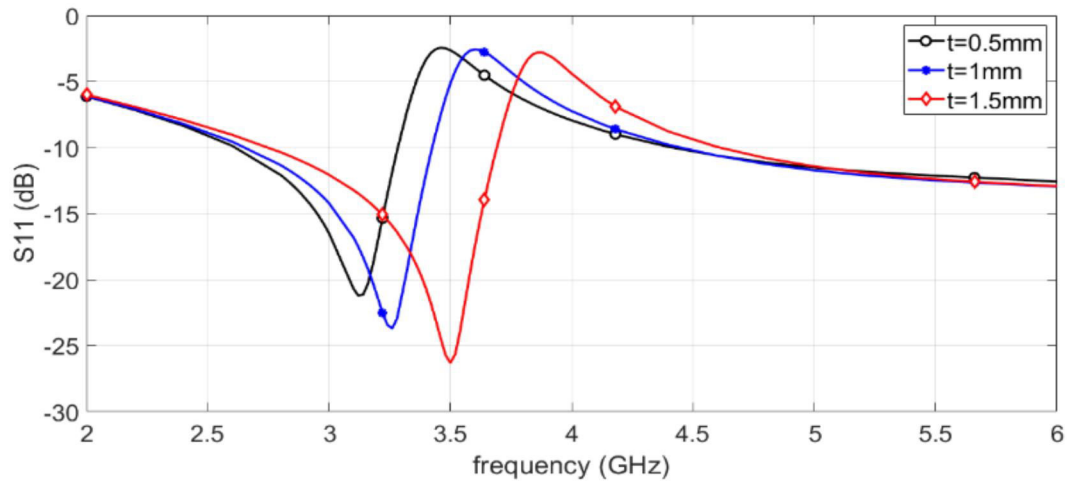
در شکل ۴-۱۶- می بیند که با افزایش طول کلی این نیم حلقه از ۱۹ mm به ۲۱ mm فرکانس مرکزی باند متداخل از ۴ GHz به ۳ GHz کاهش می یابد و هم چنین با کاهش طول کلی یعنی از ۱۹ mm به ۱۷ mm فرکانس مرکزی باند متداخل حذف شده از ۳ GHz به ۴ GHz افزایش می یابد. در نتیجه با تغییر طول کلی این نیم حلقه می توان فرکانس مرکزی باند حذف شده را کنترل نمود.

نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب ضخامت نیم حلقه در شکل ۴-۱۷- (الف)

و (ب) نشان داده شده است. [۴۳]



(الف)



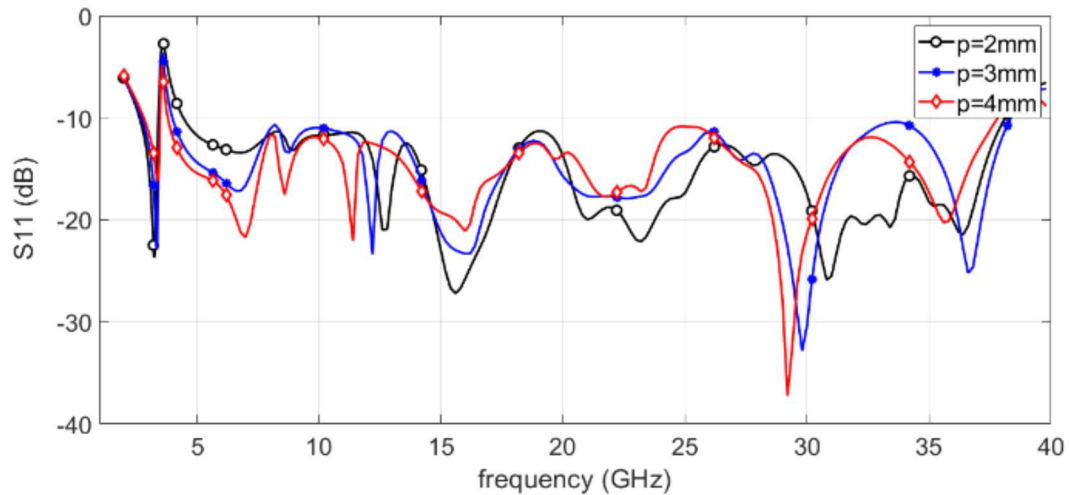
(ب)

شکل ۴-۱۷- (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی انتن پیشنهادی بر حسب ضخامت نیم حلقه

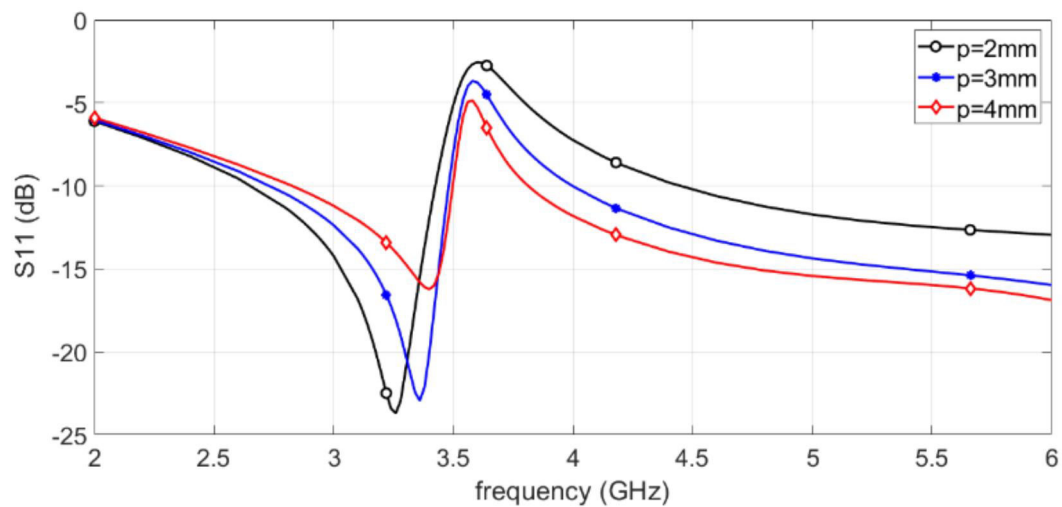
در شکل ۴-۱۷- می بیند که با افزایش ضخامت این نیم حلقه از ۱ mm به ۱/۵ mm پهنای باند، باند متداخل از ۱ GHz به ۰/۵ GHz کاهش می یابد. و هم چنین با کاهش ضخامت نیم حلقه یعنی از ۱ mm به ۰/۵ mm پهنای باند، باند متداخل حذف شده از ۱ GHz به ۱/۲ GHz افزایش می یابد در نتیجه با تغییر ضخامت این نیم حلقه می توان پهنای باند، باند حذف شده را کنترل نمود.

نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب فاصله نیم حلقه از صفح زمین بیضی شکل

در شکل ۴-۱۸ (الف) و (ب) نشان داده شده است. [۴۳]



(الف)



(ب)

شکل ۴-۱۸ (الف) و (ب) نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب فاصله نیم حلقه از صفح زمین بیضی شکل

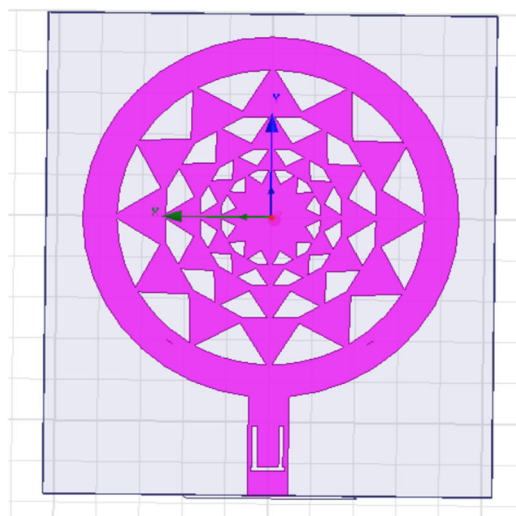
در شکل ۴-۱۸ می بیند که با افزایش این فاصله از ۲ mm به ۳ mm مقدار یا شدت ، باند متداخل از ۳ db به ۴ db کاهش می یابد و هم چنین با کاهش این فاصله یعنی از ۲ mm به ۱ mm مقدار ، باند متداخل حذف شده از ۳ db به ۲ db افزایش می یابد. در نتیجه با تغییر فاصله این نیم حلقه از

صفح زمین بیضی شکل می توان مقدار یا شدت ، باند حذف شده را کنترل نمود.

در نتیجه با استفاده از نیم حلقه متامتریالی بالا می توان هر باند با هر فرکانس مرکزی و هر پهنای باند را حذف نمود . در این جا ما طبق استاندارد FCC ابعاد و مشخصات حلقه را طوری بهینه سازی می کنیم که باند wimax با فرکانس $3/4-3/7$ GHz به صورت دقیق و کامل و با شدت زیادی حذف شود. [۴۳]

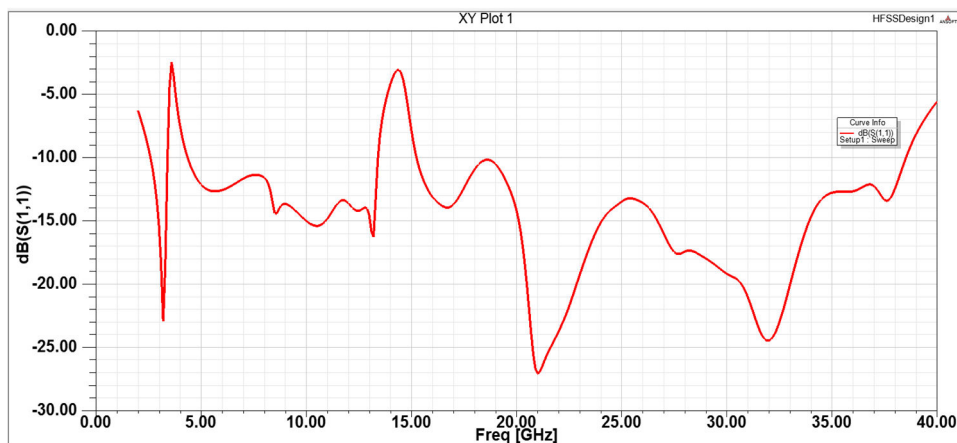
۴-۲-۴-۴-آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی با حذف باند متداخل باند wlan

دومین باند متداخلی که طبق استاندارد FCC باید از سیستم های فرایهن باند حذف شود باند wlan با فرکانس $5/1-5/85$ GHz می باشد. برای حذف این باند متداخل ، یک نیم حلقه متامتریالی به شکل u در داخل خط انتقال میکرواستریب ایجاد می کنیم هندسه آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب در شکل ۴-۱۹- نشان داده شده است .



شکل ۴-۱۹ هندسه آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب

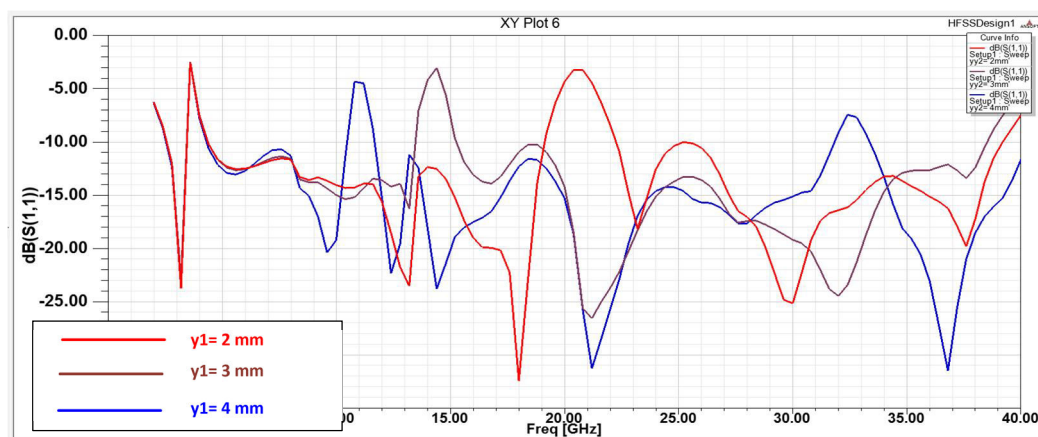
تلفات بازگشتی آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب در شکل ۴-۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۰- تلفات بازگشتی آنتن بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب

در شکل ۴-۲۰ می بینید که بعد از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب یک باند توقف دیگر با فرکانس مرکزی ۱ GHz و پهنای باند ۱ GHz ایجاد شده است. منظور از باند توقف این است که نمودار تلفات بازگشتی در این قسمت در بالای خط ۱۰ db- قرار گرفته است.

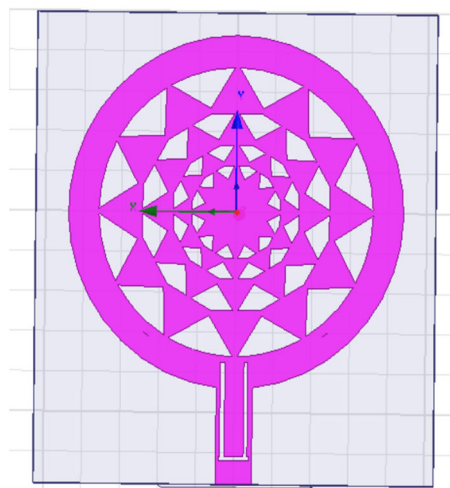
از آنجا که این باند حذفی در اثر این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب ایجاد شده است. در نتیجه فرکانس مرکزی و پهنای باند این باند حذفی بستگی به مشخصات این نیم حلقه دارد به همین دلیل در شکل ۴-۲۱- نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب در نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۱- نمودار تغییرات تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی بر حسب طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب

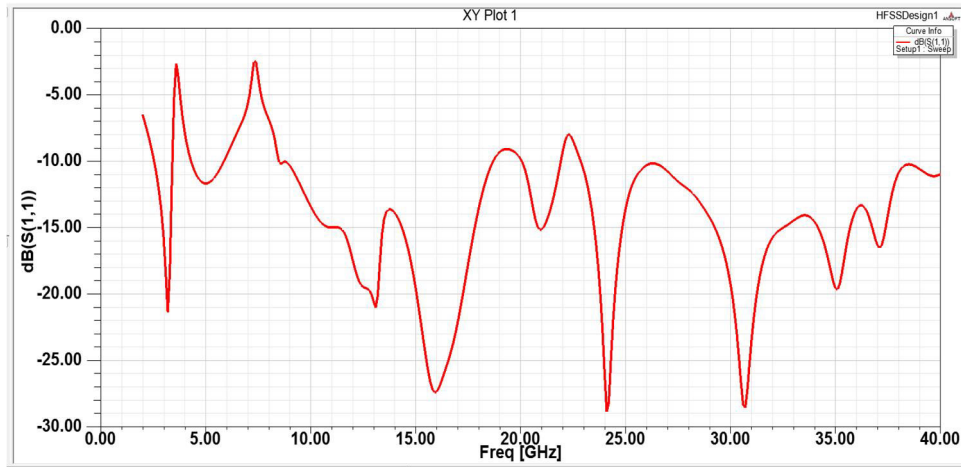
در شکل ۴-۲۱- می بینید که با افزایش طول کلی این نیم حلقه به شکل u ایجاد شده در داخل انتقال میکرواستریب فرکانس مرکزی باند حذف شده کاهش می یابد اما اگر طول کلی این نیم حلقه را تا حداکثر مقداری که امکان دارد زیاد کنیم فرکانس مرکزی باند حذف شده به ۱۱ GHz می رسد و به فرکانس مرکزی باند wlan یعنی ۵/۵ GHz نمی رسد و خیلی فاصله دارد .

مشکل اصلی که در این قسمت وجود دارد این است که هدف ما از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب این است که باند wlan با فرکانس ۵/۱-۵/۸۵ GHz حذف شود و در شکل ۴-۲۱ مشاهده نمودید که فقط با افزایش طول کلی این نیم حلقه می توان فرکانس مرکزی باند حذفی را کاهش داد اما به علت کوچک بودن اندازه خط انتقال میکرواستریب امکان افزایش طول کلی هم به صورت افقی و هم به صورت عمودی وجود ندارد و در ماکزیمم حالت ممکن طول کلی این نیم حلقه می تواند ۶ mm باشد که در حالت فرکانس مرکزی باند حذفی ۸ GHz بدست می آید . و با فرکانس مرکزی باند wlan یعنی ۵/۵ GHz خیلی فاصله دارد .هندسه آنتن به ازای حداکثر طول ممکن برای شکاف ایجاد شده در خط تغذیه میکرواستریب در شکل ۴-۲۲ نشان داده شده است .



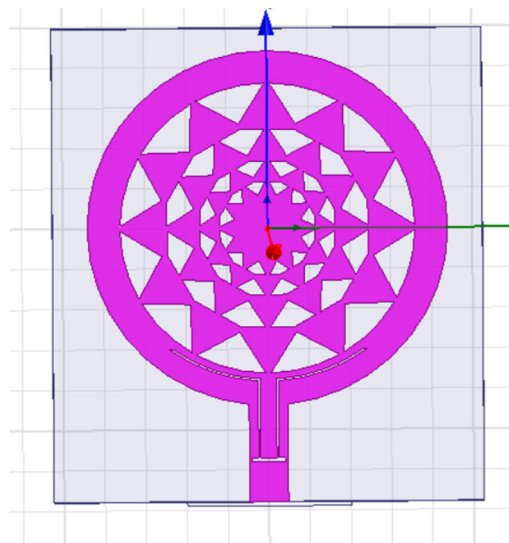
شکل ۴-۲۲- هندسه آنتن به ازای حداکثر طول ممکن برای شکاف ایجاد شده در خط تغذیه میکرواستریب

تلفات بازگشتی آنتن به ازای حداکثر طول ممکن یعنی ۶ mm در شکل ۴-۲۳ - نشان داده شده است



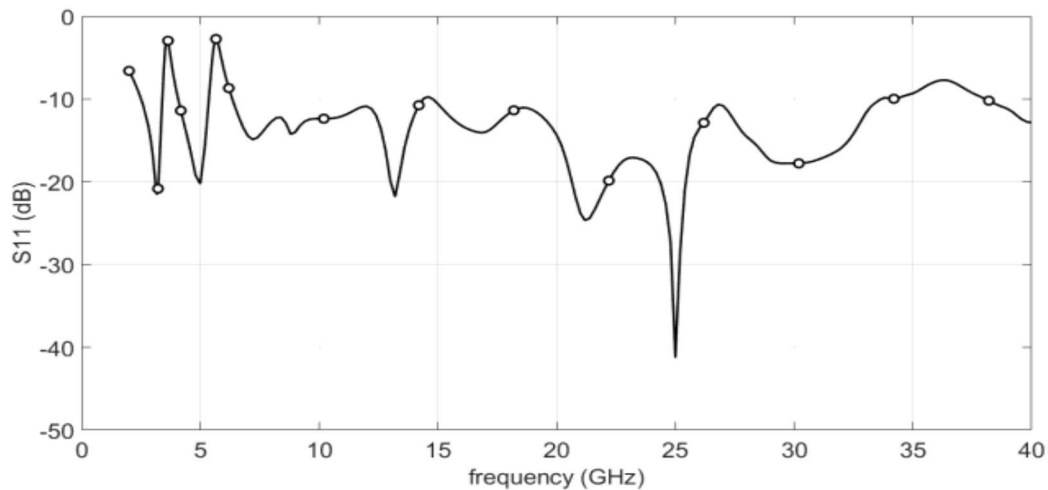
شکل ۴-۲۳- تلفات بازگشتی آنتن به ازای حداکثر طول ممکن یعنی 6 mm

برای حل این مشکل از یک روش جدید و بهبود داده شده استفاده می کنیم که در هیچ کار قبلی معرفی نشده است و کاملاً جدید می باشد اما برای خیلی از آنتن های کوچک دیگری که این مشکل را دارند می تواند استفاده شود. در قسمت قبل دیدیم که امکان افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت افقی و عمودی وجود ندارد ولی برای کاهش فرکانس مرکزی باند حذفی ما راهی بجز افزایش طول کلی این نیم حلقه نداریم در نتیجه ما چون امکان افزایش طول کلی این نیم حلقه را به صورت افقی و عمودی نداریم آن را به صورت شعاعی و منحنی در امتداد حلقه پیچ آنتن دایروی انجام می دهیم . هندسه آنتن فوق فرایهین باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی در شکل ۴-۲۴ نشان داده شده است .



شکل ۴-۲۴-هندسه آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی

تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی در شکل ۴-۲۵ نشان داده شده است .



شکل ۴-۲۵-تلفات بازگشتی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی بعد از افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی

در شکل ۴-۲۵ می بینید که با افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی فرکانس مرکزی باند حذفی روی فرکانس ۵/۵ GHz قرار می گیرد و در

نتیجه با انجام این کار باند متداخل دوم یعنی wlan با فرکانس ۵/۱-۵/۸۵ GHz به صورت کامل و دقیق حذف می شود .

در نتیجه با انجام مراحل بالا توانستیم یک آنتن خیلی خیلی کوچک در مقایسه با کارهای مشابه قبلی طراحی و شبیه سازی کنیم . آنتن پیشنهادی دارای یک پهنای باند خیلی خیلی گسترده از فرکانس ۲/۶-۴۰ GHz می باشد که این پهنای باند در مقایسه با آنتن های فرایپهن باند قبلی حداقل دو برابر می باشد و در خیلی از موارد حتی چندین برابر نیز می باشد . علاوه بر کوچک بودن خیلی زیاد آنتن پیشنهادی و فوق فرایپهن باند بودن ، آنتن پیشنهادی شامل دو باند حذفی متداخل یعنی wlan و wimax به صورت خیلی خیلی دقیق و با مقدار زیادی می باشد. در نتیجه آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی در مقایسه با همه کارهای مشابه قبلی کوچک تر و فوق فرایپهن باند تر می باشد .

۴-۵- بررسی مشخصات آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی

در این قسمت همه نتایج و مشخصات آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی از قبیل الگو تشعشی و جریان ها به صورت مفصل توضیح داده می شود.

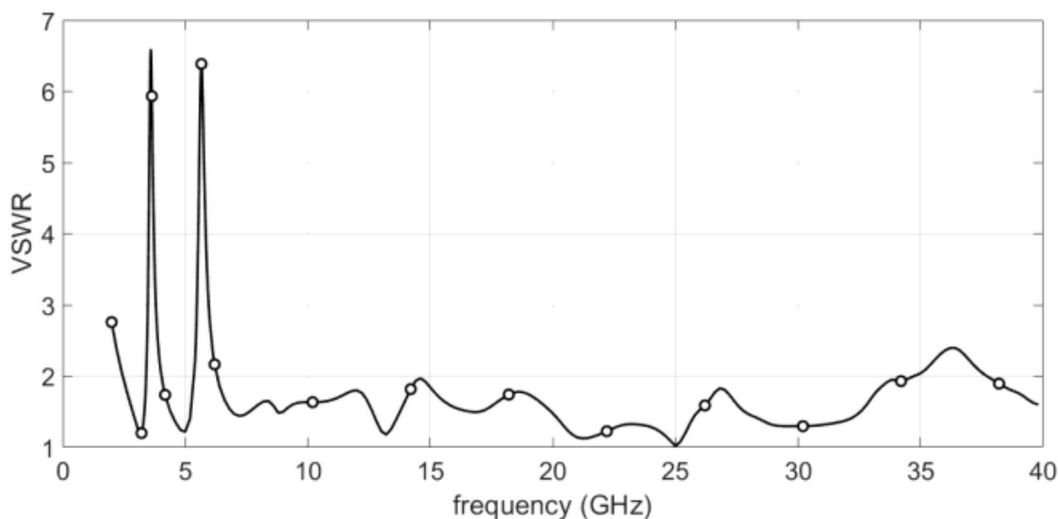
۴-۵-۱- نمودار تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی

نمودار تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی در شکل ۴-۲۵ نشان داده شده است .

در شکل ۴-۲۵ می بینید که نمودار تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی از فرکانس GHz ۲/۶-۴۰ بجز در باندهای متداخل حذف شده wimax و wlan یعنی از فرکانس GHz ۳/۴-۳/۷ و GHz ۵/۱-۵/۸۵ در زیر خط ۱۰ db- قرار دارد در نتیجه پهنای باند آنتن در این حالت بیشتر از GHz ۳۶ می باشد . هم چنین مقدار تلفات بازگشتی آنتن فوق فرایپهن باند پیشنهادی در باندها حذف شده بیشتر از ۳ db- است و این نشان می دهد که باندهای متداخل با شدت خیلی زیادی حذف شده اند .

۴-۵-۲- نمودار vswr آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی

در شکل ۴-۲۶ نمودار vswr آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی نشان داده شده است .

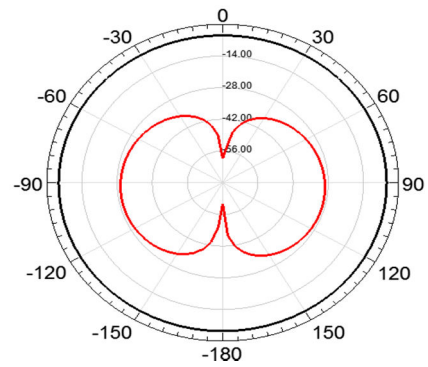
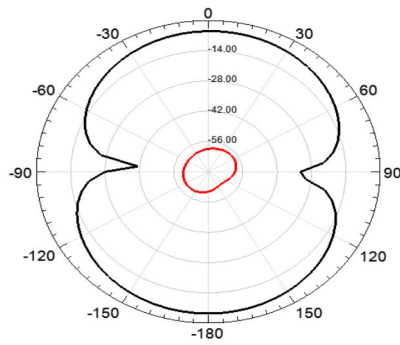


شکل ۴-۲۶- نمودار vswr آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی

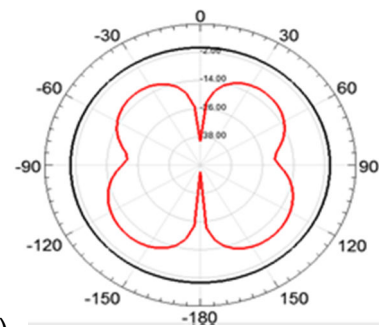
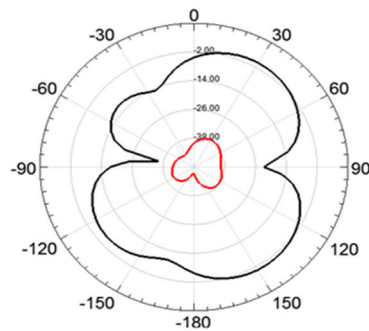
در شکل ۴-۲۶ می بینید که نمودار vswr آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی از فرکانس ۴۰-۲/۶ GHz بجز در باندهای متداخل حذف شده wimax و wlan یعنی از فرکانس ۳/۷-۳/۴ GHz و ۵/۸۵ GHz در زیر معیار vswr کم تر از ۲ قرار دارد در نتیجه پهنای باند آنتن در این حالت بیشتر از ۳۶ می باشد . هم چینی مقدار vswr آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی در باندها حذف شده بیشتر از ۶ است و این نشان می دهد که باندهای متداخل با شدت خیلی زیادی حذف شده اند .

۴-۵-۳- الگو تشعشی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی

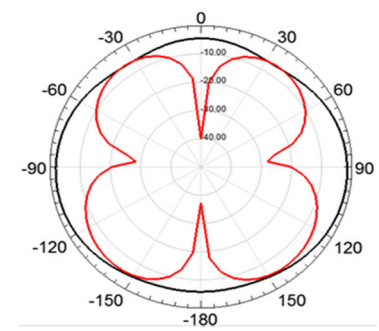
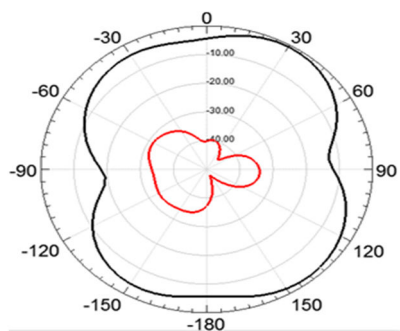
پترن های آنتن پیشنهادی در فرکانس های ۳ GHz و 8GHz و 11GHz در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است.



3GHZ (الف)



8GHZ (ب)



11GHZ (ج)

H plane

E plane

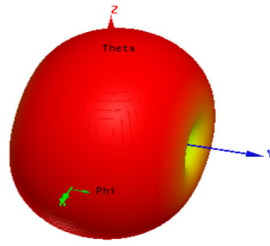
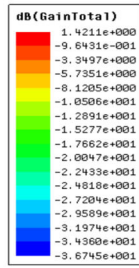
شکل ۴-۲۷- پترن آنتن پیشنهادی در فرکانس (الف) ۳ GHz (ب) ۸ GHz (ج) ۱۱ GHz

در شکل ۴-۲۷ می بینید که پترن های آنتن پیشنهادی در تمام فرکانس ها به صورت همه جهته

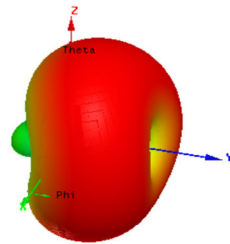
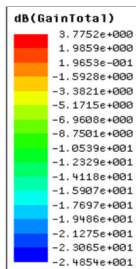
می باشد

در شکل ۴-۲۸ پترن های سه بعدی آنتن پیشنهادی در فرکانس های ۳ GHz و ۸GHz و ۱۱GHz

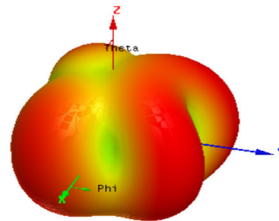
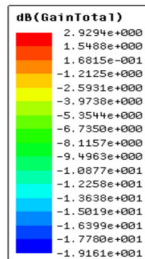
نشان داده شده است.



(الف) 3GHZ



(ب) 8GHZ

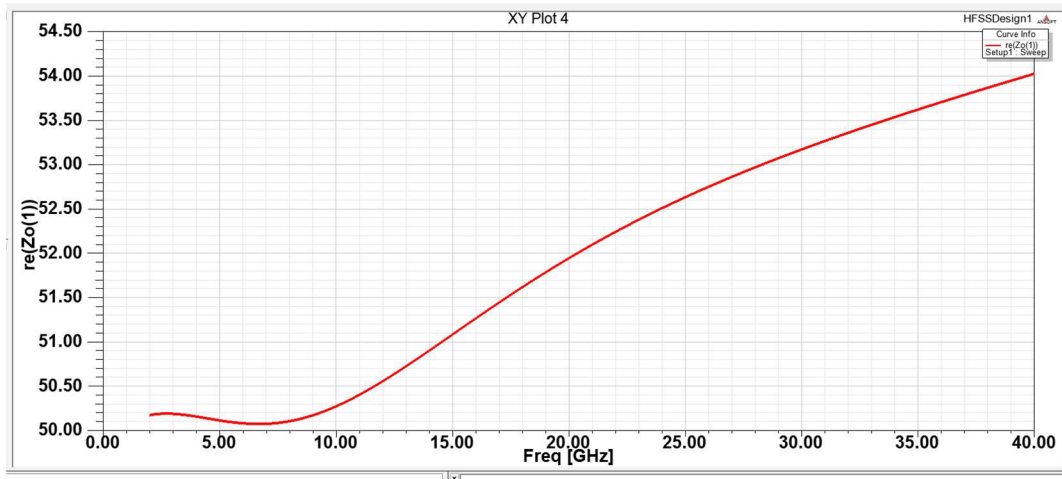


(ج) 11GHZ

۲۸-۴ پترن سه بعدی آنتن پیشنهادی در فرکانس (الف) 3GHz (ب) 8 GHz (ج) 11GHz

۴-۵-۴- نمودار امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی

در شکل ۲۹-۴ نمودار امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی نشان داده شده است.

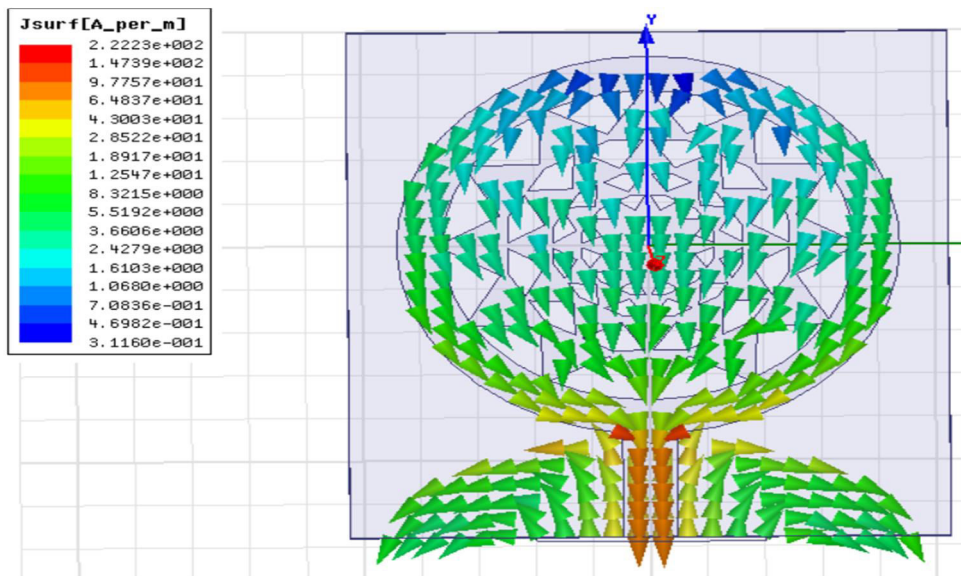


شکل ۴-۲۹- نمودار امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی

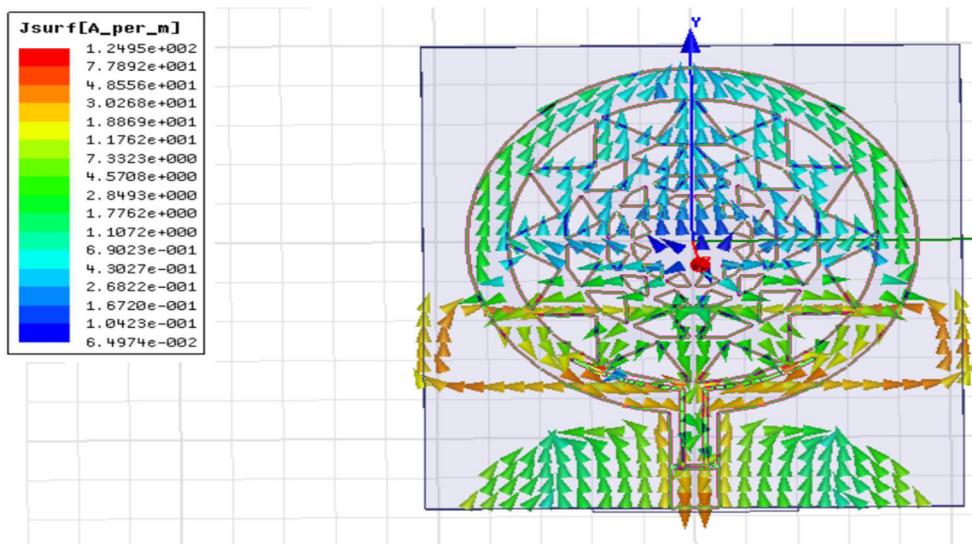
در شکل ۴-۲۹ می بینید که امپدانس ورودی آنتن پیشنهادی اول از فزکانس ۲-۴۰ GHz حدود ۵۰ اهم می باشد و در نتیجه به راحتی می توان آنتن را ساخت و به کابل ها کوکسیال که امپدانس آنها به صورت استاندارد برابر ۵۰ اهم است متصل کرد و آنتن را به صورت واقعی اندازه گیری نمود.

۴-۵-۵- جریان ها سطحی آنتن پیشنهادی اول

جریان های سطحی آنتن پیشنهادی در مرکز های دو باند حذفی یعنی در دو فرکانس ۳/۵ GHz و ۵/۵ GHz به ترتیب در شکل ۴-۳۰ و شکل ۴-۳۱ نشان داده شده است .

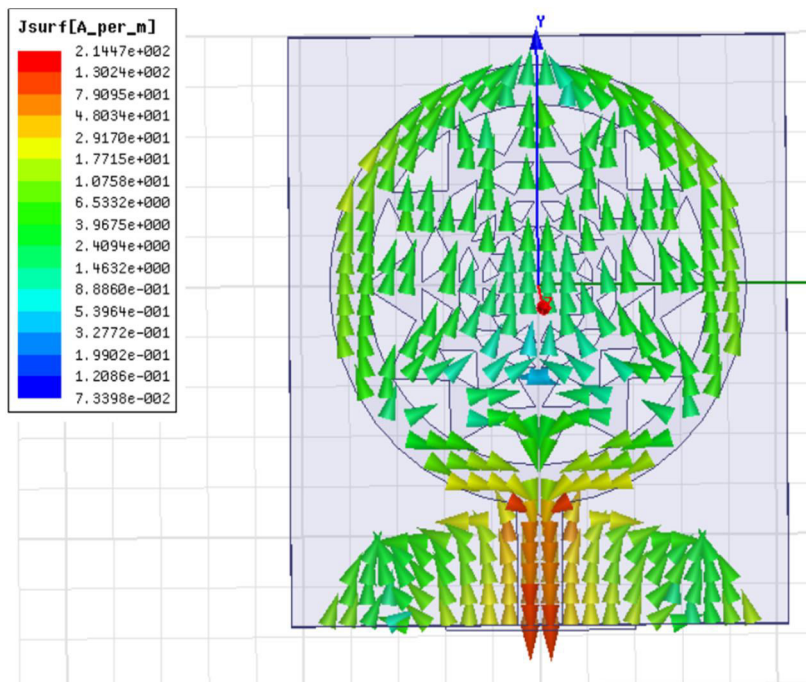


(الف)

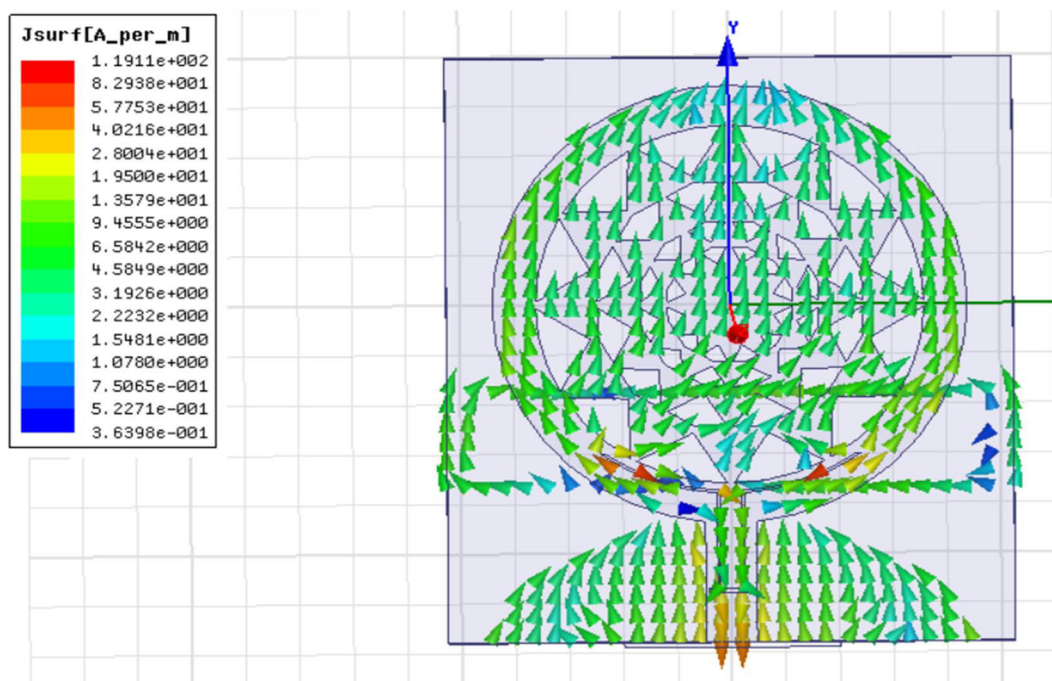


(ب)

شکل ۴-۳۰ جریان های سطحی آنتن پیشنهادی در فرکانس ۳/۵ GHz (الف) بدون ساختار حذف باند (ب) با ساختار حذف باند



(الف)



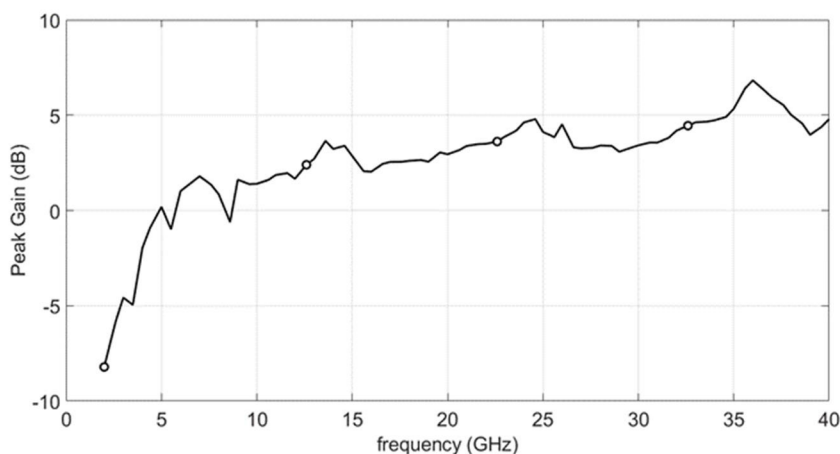
(ب)

شکل ۴-۳۱ جریان های سطحی آنتن پیشنهادی در فرکانس ۵/۵ GHz (الف) بدون ساختار حذف باند (ب) با ساختار حذف باند

در شکل ۴-۳۱ می بینید که در فرکانس ۳/۵ GHz تمرکز و شدت جریان ها روی نیم حلقه مستطیلی واقع در صفحه زمین و در فرکانس ۵/۵ GHz شدت جریان ها روی شکاف u شکل ایجاد شده در داخل خط میکرواستریب قرار دارد. ایجاد هر کدام از ساختارها متامتریال ها باعث می شود که در یک فرکانس خاص جهت میدان ها ایجاد شده در آنتن خلاف جهت یکدیگر شوند و در نتیجه جریان های خلاف جهت هم با خنثی کردن یکدیگر باعث ایجاد یک باند توقف می شوند.

۴-۵-۶- نمودار پیک گین آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی

در شکل ۴-۳۲ نمودار پیگ گین آنتن پیشنهادی نشان داده شده است.

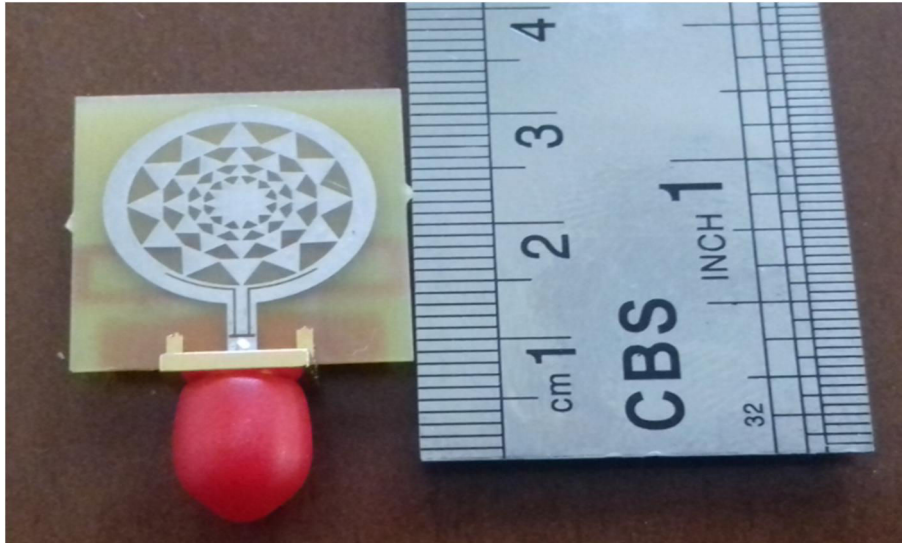


شکل ۴-۳۲- نمودار پیگ گین آنتن پیشنهادی

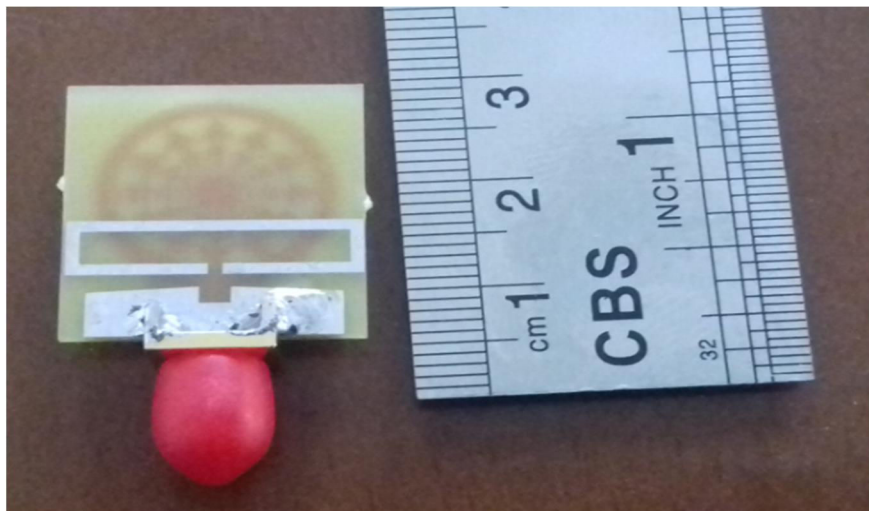
شکل ۴-۳۲ می بینید که گین آنتن پیشنهادی در تمام فرکانس ها بجز در ۲ باند فرکانسی حذف شده در حدود ۳/۵ db می باشد که این مقدار گین برای آنتن های میکرواستریب که حداکثر گین آنها نهایتاً به ۵ می رسد گین خیلی خوبی می باشد .

۴-۵-۷- نتایج تست و اندازه گیری آنتن

بعد از طراحی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی که قابلیت حذف دو باند متداخل wimax و دو باند wlan را به صورت همزمان دارد برای انجام اندازه گیری های واقعی یک نمونه از آن را می سازیم .
هندسه آنتن ساخته شده پیشنهادی در شکل ۴-۳۳ نشان داده شده است.



(الف)



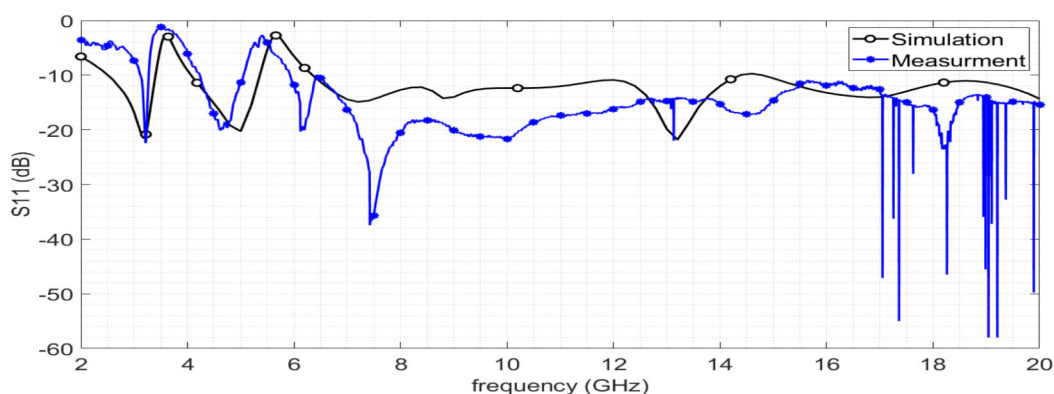
(ب)

شکل ۴-۳۳- هندسه آنتن ساخته شده پیشنهادی (الف) بالا آنتن (ب) پایین آنتن

۴-۵-۸- مقایسه بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری تلفات بازگشتی آنتن

پیشنهادی

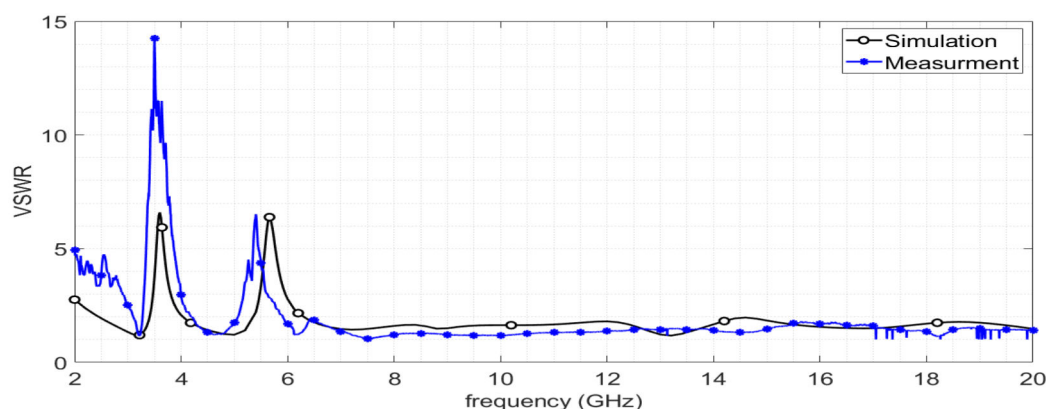
در شکل ۴-۳۴ تلفات بازگشتی شبیه سازی و اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی نشان داده شده است .



شکل ۴-۳۴- تلفات بازگشتی شبیه سازی و اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی

در شکل ۴-۳۴ می بینید که تطابق خیلی خوبی بین نتایج شبیه سازی و ساخت وجود دارد .

۴-۵-۹- مقایسه بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری vswr آنتن پیشنهادی



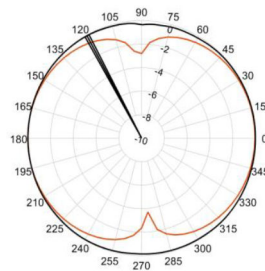
شکل ۴-۳۵- vswr شبیه سازی و اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی

در شکل ۴-۳۵ می بینید که تطابق خیلی خوبی بین نتایج شبیه سازی و نتایج اندازه گیری وجود

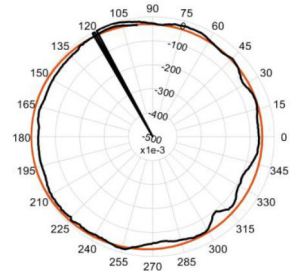
دارد

۴-۵-۱۰- پترن های اندازه گیری شده آنتن پیشنهادی

پترن های اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی در سه فرکانس ۳ GHz و ۸ GHz و ۱۱ GHz در شکل ۴-۳۶ نشان داده شده است.

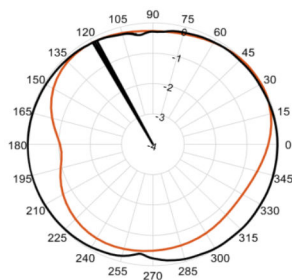


H plane

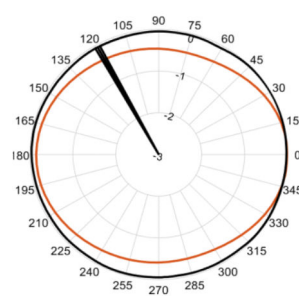


E plane

3GHZ (الف)

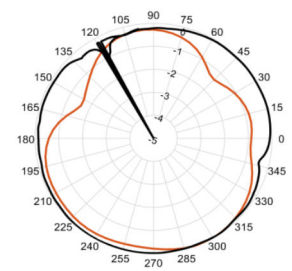


H plane

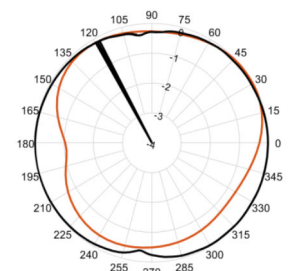


E plane

8GHZ (ب)



H plane



11GHZ (ج) E plane

شکل ۴-۳۶- پترن های اندازه گیری شده برای آنتن پیشنهادی در سه فرکانس (الف) ۳ GHz (ب) ۸ GHz (ج)

۱۱ GHz

۴-۵-۱۱- مقایسه بین شبیه سازی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با کارهای

مشابه قبلی

در جدول ۴-۱۱ آنتن فوق فراپهن باند فرکتال پیشنهادی با ده مقاله مشابه از نظر ابعاد و درصد پهنای باند نسبی مقایسه شده است .

جدول ۴-۱- مقایسه بین شبیه سازی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی با کارهای مشابه قبلی

محدوده فرکانسی باند ها حذف شده	مشخصات باند ها حذف شده	تعداد باندهای حذف شده	درصد پهنای باند	محدوده فرکانسی	ابعاد آنتن (میلی متر)	جنس زیرلایه	
3.4-3.7 GHz 5.1-5.85 GHz	WiMaX- WLAN	۲	% 120	3-12 GHz	30 mm × 39 mm	Rogers 4003	[۳۹]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.85 GHz	WiMaX- WLAN	۲	% 114	3-11 GHz	27 mm × 34 mm	Rogers Duroid 5880	[۴۰]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 8-08.4 GHz	WiMaX- WLAN- SATCOM	3	% 120	3-12 GHz	32 mm × 35 mm	R04350B	[۴۱]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 8-08.4 GHz	WiMaX- WLAN- X_BAND satellite	3	% 120	3-12 GHz	40 mm × 42 mm	Rogers 4350B	[۴۲]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 8-08.4 GHz	WiMaX- WLAN- X_BAND satellite	3	% 120	3-12 GHz	26 mm × 35 mm	Rogers Duroid 5880	[۴۳]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 8-08.4 GHz	WiMaX- WLAN- X_BAND satellite	3	% 120	3-12 GHz	35 mm × 35 mm	FR4	[۴۴]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 7.2-7.7 GHz	WiMaX- WLAN- network services	3	% 114	3-11 GHz	26 mm × 37 mm	FR4	[۴۵]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.85 GHz	WiMaX- WLAN	۲	% 114	3-11 GHz	26 mm × 37 mm	Taconic	[۴۶]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 8-08.4 GHz	WiMaX- WLAN- X_BAND satellite	3	% ¹⁶⁰	2-12 GHz	55 mm × 55 mm	TSM-DS3	[۴۷]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.9 GHz 7.2-7.7 GHz	WiMaX- WLAN- network services	3	% 120	3-12 GHz	22 mm × 40 mm	FR4	[۴۸]
3.4-3.7 GHz 5.1-5.85 GHz	WiMaX- WLAN	2	% 175	2.6-40 GHz	21 mm × 23.5 mm	FR4	آنتن پیشنهادی

در جدول ۴-۱ آنتن پیشنهادی با ۱۰ تا مقاله آنتن فرا پهن باند با قابلیت حذف سه باند مقایسه شده است. می بینید با اینکه سباز آنتن پیشنهادی از ۱۰ تا مقاله مشابه خیلی خیلی کوچکتر است اما پهنای باند آن 28 GHz از همه بیشتر است که این 28 GHz باعث شده است که درصد پهنای باند کاربردی آنتن حداقل ۴۵ درصد از آنتن های مشابه بیشتر شود. در نتیجه آنتن طراحی شده در تمامی نتایج نسبت به آنتن های ذکر شده در جدول ۴-۱ شرایط بهتر دارد.

برای محاسبه درصد پهنای باند نسبی از فرمول زیر استفاده شده است.

$$BW = FH - FL$$

$$FC = (FL + FH) / 2$$

$$BW \% = BW / FC$$

FH فرکانس قطع بالا و FL فرکانس قطع پایین و FC فرکانس مرکزی می باشد.

با داشتن فرکانس قطع پایین یعنی ۲/۶ GHz و فرکانس قطع بالا یعنی ۴۰ GHz درصد پهنای باند آنتن برابر است با:

$$FC = (2.6 + 40) / 2 = 21.3$$

$$BW = 40 - 2.6 = 37.4$$

$$BW \% = \frac{37.4}{21.3} = 160 \%$$

در نتیجه در صد پهنای باند آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی 160 درصد می باشد که در مقایسه با آنتن قبلی خیلی خیلی بیشتر است.

فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری

در این پایان نامه یک آنتن فوق فراپهن باند با استفاده فناوری میکرواستریب و به روش ساختار فرکتال طراحی و شبیه سازی و ساخته شده است . دلیل استفاده استفاده از اصطلاح فوق فرا پهن باند به جای فراپهن باند این است که همان طور که در فصل اول توضیح داده شد پهنای باند یک آنتن UWB از فرکانس ۳/۱-۱۰/۶ GHz می باشد و در صد پهنای باند آنتن ها فراپهن باند ۱۲۰ درصد می باشد . در حالی که پهنای باند آنتن پیشنهادی طراحی شده در این پایان نامه از فرکانس ۴۰ GHz- ۲/۶ می باشد و در صد پهنای باند پیشنهادی طراحی شده ۱۶۰ درصد می باشد در نتیجه درصد پهنای باند آنتن پیشنهادی این پایان نامه سه برابر درصد پهنای باند آنتن های uwb می باشد به همین دلیل به آنتن پیشنهادی عبارت فوق فراپهن باند نسبت داده می شود .

در این پایان نامه مراحل طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی به صورت سه مرحله ای توضیح داده می شود . در مرحله اول مراحل طراحی آنتن فوق فراپهن باند پیشنهادی به روش میکرواستریب توضیح داده می شود . و در مرحله ای دوم برای کاهش سایز آنتن پیشنهادی فوق فراپهن باند از ساختار فرکتال استفاده می کنیم و نحوه کاهش سایز آنتن توسط ساختارها فرکتال ، به صورت خلاصه توضیح داده می شود . در مرحله سوم برای ایجاد باندها حذفی متداخل از ساختارهای متامتریال استفاده می کنیم و نحوه حذف باندها متداخل توسط ساختارها متامتریال مناسب توضیح داده می شود .

برای طراحی آنتن پیشنهادی از فناوری میکرواستریب استفاده شده است و توسط یک ساختار فرکتال مناسب کوچک سازی شده است . برای طراحی آنتن پیشنهادی از زیر لایه FR4 با ضخامت استاندارد ۱ mm و ضریب گذردهی ۴/۴ استفاده شده است . ابعاد کلی آنتن $21\text{mm} \times 23.5\text{mm} \times 1\text{mm}$ می باشد . آنتن پیشنهادی شامل یک خط انتقال میکرواستریب و یک پچ دایروی است و در داخل پچ دایروی آنتن ساختار فرکتال مثلثی شکل به صورت متناوب ایجاد شده است . در داخل خط انتقال

میکرواستریب یک نیم حلقه متامتریال به شکل u برای حذف باند متداخل wlan با فرکانس GHz ۵/۱-۵/۸۵ ایجاد شده است. صفحه زمین آنتن شامل دو قسمت می باشد، قسمت نصف بیضی شکل به عنوان صفحه زمین اصلی می باشد دلیل استفاده از صفحه نیم بیضی شکل افزایش پهنای باند بیشتر و تبدیل آنتن به یک آنتن فوق فرابهن باند می باشد و هم چنین برای افزایش پهنای باند بیشتر یک شکاف مستطیلی در قسمت بالا صفحه زمین بیضی شکل درست در زیر خط انتقال ایجاد شده است. در بالا صفحه زمین نیم بیضی شکل، یک نیم حلقه متامتریالی به شکل مستطیل قرار دارد این نیم حلقه مستطیل شکل متامتریالی باعث حذف باند متداخل wimax با فرکانس ۳/۴-۳/۷ GHz می شود.

برای کوچک سازی آنتن از ساختار فرکتال به شکل مثلث در داخل پچ دایروی آنتن استفاده می کنیم. با استفاده از این ساختار فرکتال سایز آنتن در عین ثابت ماندن فرکانس کاری پایین آنتن یعنی فرکانس ۳/۱ GHz از $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 1.6\text{ mm}$ به $21\text{ mm} \times 23.5\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ کاهش می باید. فرکانس کاری پایین آنتن تابع بلندترین مسیرهای جریان در داخل آنتن می باشد، در حالت قبلی یعنی آنتن پچ دایروی ساده بلندترین مسیر جریان، مسیر اطراف پچ دایروی آنتن است که طول این مسیر بستگی به شعاع پچ دایروی دارد و هر چه شعاع بزرگ تر شود این مسیر طولانی تر می شود در نتیجه در حالت قبلی اگر برای کوچک سازی شعاع پچ دایروی کم تر شود با کاهش شعاع پچ دایره طول بلندترین مسیر جریان در آنتن کم تر می شود و در نتیجه فرکانس کاری پایین آنتن بالا تر می رود به همین دلیل است که در حالت قبلی سایز آنتن را نمی توانستیم کوچک تر کنیم. زمانی که از ساختار فرکتال در داخل پچ دایره ای استفاده می کنیم مسیرهای جریان متعددی در داخل آنتن ایجاد می شود که طول بعضی از این مسیرهای جریان از طولی که به شعاع پچ دایره وابسته است بیش تر می باشد به همین دلیل در این حالت فرکانس کاری پایین دیگر به شعاع پچ دایروی وابسته نیست و در این حالت می توانیم شعاع پچ دایروی و در نتیجه سایز کلی آنتن را کاهش

دهیم

برای حذف باند متداخل اول یعنی باند wimax با فرکانس کاری ۳/۴-۳/۷ GHz از ساختار متامتریال به شکل حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین استفاده می کنیم

با قرار این نیم حلقه مستطیل شکل در صفحه زمین و بهینه ابعاد آن ، نمودار تلفات بازگشتی آنتن پیشنهادی از فرکانس ۳/۴-۳/۷ GHz در حدود ۳ db- می باشد و خیلی بالاتر از خط ۱۰ db- قرار می گیرد و این نشان می دهد که با قرار دادن این حلقه و بهینه سازی طول و عرض قسمت های مختلف آن باند wimax با فرکانس ۳/۴- ۳/۷ GHz با شدت زیادی حذف شده است. البته باید به این نکته توجه داشت که قرار دادن این نیم حلقه مستطیل شکل باعث حذف این باند متداخل یعنی wimax شده است در نتیجه فرکانس مرکزی و پهنای باند ، باند حذف شده به مشخصات و ابعاد این نیم حلقه مستطیل شکل بستگی دارد در نتیجه با تغییر مشخصات این نیم حلقه می توان فرکانس مرکزی و پهنای باند ، باند حذفی را کنترل نمود

دومین باند متداخلی که طبق استاندارد FCC باید از سیستم های فرایهن باند حذف شود باند wlan با فرکانس ۵/۱-۵/۸۵ GHz می باشد. برای حذف این باند متداخل ، یک نیم حلقه متامتریالی به شکل u در داخل خط انتقال میکرواستریب ایجاد می کنیم.

با افزایش طول کلی این نیم حلقه به شکل u ایجاد شده در داخل خط انتقال میکرواستریب فرکانس مرکزی باند حذف شده کاهش می یابد اما اگر طول کلی این نیم حلقه را تا حداکثر مقداری که امکان دارد زیاد کنیم فرکانس مرکزی به فرکانس مرکزی باند wlan یعنی ۵/۵ GHz نمی رسد .

مشکل اصلی که در این قسمت وجود دارد این است که هدف ما از ایجاد این نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب این است که باند wlan با فرکانس ۵/۱-۵/۸۵ GHz حذف شود که فقط با افزایش طول کلی این نیم حلقه می توان فرکانس مرکزی باند حذفی را کاهش داد اما به علت کوچک بودن اندازه خط انتقال میکرواستریب امکان افزایش طول کلی هم به صورت افقی و هم به صورت عمودی وجود ندارد و در ماکزیمم حالت ممکن طول کلی این نیم حلقه می تواند ۶ mm باشد

که در حالت فرکانس مرکزی باند حذفی 6 GHz بدست می آید و با فرکانس مرکزی باند wlan یعنی 5/5 GHz خیلی فاصله دارد .

برای حل این مشکل از یک روش جدید و بهبود داده شده استفاده می کنیم که در هیچ کار قبلی معرفی نشده است و کاملا جدید می باشد اما برای خیلی از آنتن های کوچک دیگری که این مشکل را دارند می تواند استفاده شود. در قسمت قبل دیدیم که امکان افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت افقی و عمودی وجود ندارد ولی برای کاهش فرکانس مرکزی باند حذفی ما راهی بجز افزایش طول کلی این نیم حلقه نداریم در نتیجه ما چون امکان افزایش طول کلی این نیم حلقه را به صورت افقی و عمودی نداریم آن را به صورت شعاعی و منحنی در امتداد حلقه پیچ آنتن دایروی انجام می دهیم.

با افزایش طول کلی نیم حلقه به شکل u در داخل انتقال میکرواستریب به صورت شعاعی و منحنی فرکانس مرکزی باند حذفی روی فرکانس 5/5 GHz قرار می گیرد و در نتیجه با انجام این کار باند متداخل دوم یعنی wlan با فرکانس 5/1-5/85 GHz به صورت کامل و دقیق حذف می شود .

در نتیجه با انجام مراحل بالا توانستیم یک آنتن خیلی کوچک در مقایسه با کارهای مشابه قبلی طراحی و شبیه سازی کنیم . آنتن پیشنهادی دارای یک پهنای باند خیلی خیلی گسترده از فرکانس 2/6-40 GHz می باشد که این پهنای باند در مقایسه با آنتن های فرایهن باند قبلی حداقل دو برابر می باشد و در خیلی از موارد حتی چند برابر نیز می باشد . علاوه بر کوچک بودن خیلی زیاد آنتن پیشنهادی و فوق فرایهن باند بودن ، آنتن پیشنهادی شامل دو باند حذفی متداخل یعنی wlan و wimax به صورت خیلی خیلی دقیق و با مقدار زیادی می باشد. در نتیجه آنتن فوق فرایهن باند پیشنهادی در مقایسه با همه کارهای مشابه قبلی کوچک تر و فوق فرایهن باند تر می باشد.

بعد از طراحی آنتن فوق فرا پهن باند پیشنهادی فرکتال که قابلیت حذف دو باند متداخل wimax و دو باند wlan را به صورت همزمان دارد برای انجام اندازه گیری های واقعی یک نمونه از آن را می سازیم.

۵-۲-پیشنهادهات :

- ساختار بررسی شده در پایان نامه برای باندهای متداخل دیگر مانند باند X طراحی شود.
- سایر روشها برای فرا پهن باند کردن آنتن های پچ ساده و حذف باند های متداخل در این طرح بررسی شود .
- با توجه با اینکه در این تحقیق هیچ محدودیتی برای تغییر صفحه زمین نداشتیم توانسیم با یک ساختار زمین دلخواه به نتیجهی دلخواه برسیم اما اگر تغییر صفحه زمین محدودیت وجود داشته باشد ، باید از روشهای دیگری برای حذف باندهای متداخل استفاده کرد.

1. Yuanfan, Weng., Design Monopole Antennas, for the Degree of Doctor of Band-Notched Characteristics for Compact UWB of Philosophy, at The University of Hong Kong, January 2012.
2. Alshehri, A., Novel Ultra Wideband Antennas for Wireless Systems, Document for the Degree of Master of Applied Science (Electrical Engineering), Concordia University, July 2008.
3. Natarajamani, S., Some Studies on Designs of Planar Antennas for UWB Applications, for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Electronics and Communication Engineering National Institute of Technology Rourkela Odisha, January 2014.
4. Quintero, Gabriela., Analysis and Design of Ultra-Wideband Antennas in the Spectral and Temporal Domains, for the Degree of Doctor, at Ecole Polytechnique Federeal de Laussane , June 2010.
5. Duroc, Y., Ghiotto, A., Tedjini, S., Ultra Wide Band Antenna Design and Modeling, 2008 IEEE.
6. Wiesbeck, Werner., Adamiuk, Grzegorz., Christian, Sturm., Basic Properties and Design Principles of UWB Antennas, Proceedings of the IEEE, Vol. 97, No. 2, February 2009.
7. Zachary Hood, Aaron., Karacolak, Tutku., A Small Antipodal Vivaldi Antenna for Ultrawide-Band Applications, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 7, 2008.
8. Vuong, Tan-Phu., Ghiotto, Anthony., Tedjini, Smail., Design and Characteristics of a Small U-slotted Planar Antenna for IR-UWB, Microwave and Optical Technology letters, Vol. 49, No. 7, July 2007.
9. Chen, Zhi. Ning., UWB Antenna Design and Application, IEEE 2007.
10. Wood, Stephen., Aiello, Roberto., Essential UWB, Cambridge University Press, 2008.
11. Liang, Jianxin., Chiau, Choo. C., Chen, Xiaodong., Parini, Clive. G., Study of a Printed Circular Disc Monopole Antenna for UWB Systems, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 11, 2005.

12. Liang, Jianxin., Antenna Study and Design for Ultra Wideband Communication Applications, a Thesis Submitted to the University of London for the Degree of Doctor of Philosophy, July 2006.
13. Cai, L.Y., Li, Y., Yang, H.C., and Zeng, G., Compact Wideband Antenna with Double-fed Structure Having Band-Notch Characteristics, *Electronics Letters.*, Vol. 46 No. 23, pp., November 2010.
14. Zaker, R., and Abdolahi Abdipour., A very Compact Ultrawideband Printed Omnidirectional Monopole Antenna, *IEEE Aantennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 9, 2010.
15. Pourahmadazar, J., Ghobadi, CH., and Nourinia, Javad., Novel Modified Pythagorean Tree Fractal Monopole Antennas for UWB Applications, *IEEE Antennas and Wireless Propagation letters*. Vol. 10, 2011, pp. 484-487.
16. Ojaroudi, M., Ojaroudi, N., Ultra-Wideband Small Rectangular Slot Antenna with Variable Band-Stop Function, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 11, No. 33, 2013.
17. Ojaroudi, M., Ghobadi, C., Nourinia, J., Small Square Monopole Antenna With Inverted T-Shaped Notch in the Ground Plane for UWB Application, *IEEE Antennas and Wireless propagation Letters*. Vol. 8, 2009, pp. 728-731.
18. Huang, J. X., Zhang, F. S., zhang, q., xu, y.f., yang, y.b., Jiao, y. c., Novel Wide-Band Slot Antenna Fed by Equiangular Spiral for Ultra-Wideband Communication, proceedings of 2010 IEEE International Conference on Ultra-Wideband (icuw2010).
19. Mardani, H., Ghobadi, C., and Nourinia, J., A Simple Compact Monopole Antenna with Variable Single-and Double-Filtering Function for UWB Applications, *IEEE Antennas and Wireless propagation letters*, Vol. 9, 2010, pp. 1076-1079.
20. Eshtiaghi, R., Nourinia, J., and Ghobadi, C., Electromagnetically Coupled Band-Notched Elliptical Monopole Antenna for UWB Applications, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 33, No. 20, 2009.
21. Gheethan, A., and Anagnostou, D.E., Dual Band-Reject UWB Antenna with Sharp Rejection of Narrow and Closely-Spaced Bands, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 60, No. 4, April 2012.

22. Emadian, S.R., and Ahmadi-Shokouh, J., Very Small Dual Band Notched Rectangular Slot Antenna with Enhanced Impedance Bandwidth, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 50, No. 3, 2015
23. Weng, Y.F., Lul, W.J., Cheung, S.W., and Yuk, T. I., UWB Antenna with Single or Dual Band-Notched Characteristic for WLAN Band using Meandered Ground Stubs, 2009 Loughborough Antennas & Propagation Conference, 16-17 November 2009, Loughborough, UK 757.
24. Ghatak,R., Debnath, R., Poddar, D., Mishra, R., and Chaudhuri, S.B., A CPW Fed Planar Monopole Band Notched UWB Antenna with Embedded Split Ring Resonators, 2009 Loughborough Antennas & Propagation Conference, 16-17 November 2009, Loughborough, UK 645.
25. Kim, D.Z., Son, W.I., Lim, W.G., Lee, H., and Yu, J.W., Member, IEEE, Integrated Planar Monopole Antenna With Microstrip Resonators Having Band-Notched Characteristics, *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, Vol. 58, No. 9, September 2010.
26. Gao, Y., Ooi, B.L., and Popov, P., Band-Notched Ultra-Wideband Ring-Monopole Antenna, *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 48, No. 1, January 2006.
27. Abhik Gorai,Manimala Pal and Rowdra Ghatak,. A Compact Fractal Shaped Antenna for Ultra wideband and Bluetooth Wireless Systems with WLAN Rejection Functionality,. DOI 10.1109/LAWP.2017.2702208, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*.
28. Shrivishal Tripathi, Akhilesh Mohan,. A Compact Koch Fractal UWB MIMO Antenna with WLAN Band-Rejection,. DOI 10.1109/LAWP.2015.2412659, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*.
29. M. Naser-Moghadasi, R. A. Sadeghzadeh, T. Sedghi, T. Aribi, and B. S. Virdee., UWB CPW-Fed Fractal Patch Antenna With Band-Notched Function Employing Folded T-Shaped Element,. *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, VOL. 12, 2013.

30. M.A.Dorostkar, Z.H.Firouzeh.,design of a novel multi wideband triangular circular fractal antenna for mobile communication and upper uwb applications,.2014 7th international symposium on telecommunications (IST 2014).
31. Saira Joseph, Binu Paul, Shanta Mridula. Pezhohil Mohanan,. CPW-Fed Fractal Antenna with Improved UWB Response,. 978-1-4799-8897-6/15/\$31.00 c 2015 IEEE.
32. D.D. Krishna, M. Gopikrishna, et al. “Compact wideband koch Fractal printed slotantenna” Microwave, Antennas and Propagation, IET Volume: 3, Issue: 5, Page(s): 2009.
33. M. Naghshvarian-Jahromi and A. Falahati, “Classic miniature fractal Monopole applications.
34. Pourahmadazar, J., Ghobadi, CH., and Nourinia, Javad., Novel Modified Pythagorean Tree Fractal Monopole Antennas for UWB Applications, IEEE Antennas and Wireless Propagation letters. Vol. 10, 2011, pp. 484-487.
35. Balaka Biswas¹ , D R Poddar, R. Ghatak Anirban Karmakar,. Modified Sierpinski Carpet Fractal Shaped Slotted UWB Monopole Antenna with Band Notch Characteristic,. 978-1-4673-5952-8/13/\$ 31.00©2013 IEEE.
36. A. EL HAMDOUNI¹, J. ZBITOU L. EL ABDELLAOUI¹, A.ERRKIK¹, A. TRIBAK., A Novel Design of A CPW-Fed Printed Fractal Antenna for UWB Applications,. 978-1-4673-8096-6/15/\$31.00 ©2015 IEEE.
37. M.M. Islam, M.T. Islam✉, M. Samsuzzaman and M.R.I. Faruque ,. Compact metamaterial antenna for UWB applications ,. ELECTRONICS LETTERS 6th August 2015 Vol. 51 No. 16 pp. 1222–1224.
38. Jawad Y. Siddiqui, Chinmoy Saha, Yahia M.M., Compact Dual SRR Loaded UWB Monopole Antenna with Dual Frequency and Wideband Notch Characteristics,. DOI 10.1109/LAWP.2014.2356135, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters.
39. Y. F. Weng, S. W. Cheung and T. I. Yuk,. Triple Band-Notched UWB Antenna using Meandered Ground Stubs ,. 978-1-4244-7306-9/10/\$26.00 ©2010 IEEE.

40. Chia-Ching Lin, Richard W. Ziolkowski,. Single, Dual and Tri-Band-Notched Ultrawideband (UWB) Antennas Using Capacitively Loaded Loop (CLL) Resonators,. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 60, NO. 1, JANUARY 2012.
41. Pu Zhuo, Hongyan Tang, Xiulei Gao, Feifei Zhao and Fuyun Zhang,. Investigation on Planar UWB Antenna with Triple Band-Notched Characteristics,. 978-1-4673-2999-6/112/\$31.00 ©2012 IEEE.
42. Xu feng , wang zhengxin , chen xu,.design of ultra wide band antenna with triple band-notched fencions based on non-uniform width slots. IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett., 2011, 10, pp. 403–406.
43. Ying Liu, Zhe Chen and Shuxi Gong ,. Triple band-notched aperture UWB antenna using hollow-cross-loop resonator .., ELECTRONICS LETTERS 8th May 2014 Vol. 50 No. 10 pp. 728–730.
44. Debdeep Sarkar , Kumar Vaibhav Srivastava ,. A Compact Microstrip-Fed Triple Band-Notched UWB Monopole Antenna ,. IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 13, 2014.
45. Junhui Wang, Yingzeng Yin, Xianglong Liu,. Triple band-notched ultra-wideband antenna using a pair of novel symmetrical resonators ,. IET Microw. Antennas Propag., 2014, Vol. 8, Iss. 14, pp. 1154–1160.
46. Xiujuan Hu and Xiaolin Yang,. Tri-Band-Notched Ultrawideband (UWB) Antenna Using Split Semicircular Resonator (SSR) and Capacitively Loaded Loops (CLL)., Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 60, no. 1, pp. 102–109, Jan 2015.
47. Jianfeng Zhu, Biao Peng, Baotao Feng, Li Deng, Shufang Li,. Triple Band-notched Slot Planar Inverted Cone Antenna for UWB Applications ,. Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 61, no. 2, pp. 953–957, Feb 2015.
48. Xiaomu Hu, Wenhui Yang*, Shuhui Yu,. Triple band-notched UWB antenna with tapered microstrip feed line and slot coupling for bandwidth enhancement ,. 978-1-4673-7999-1/15/\$31.00 ©2015 IEEE.

Abstract

Since the release by the Federal Communications Commission (FCC) of a bandwidth of 7.5GHz (from 3.1GHz to 10.6GHz) for ultra wideband (UWB) wireless communications, UWB is rapidly advancing as a high data rate wireless communication technology.

As is the case in conventional wireless communication systems, an antenna also plays a very crucial role in UWB systems. However, there are more challenges in designing a UWB antenna than a narrow band one. A suitable UWB antenna should be capable of operating over an ultra wide bandwidth as allocated by the FCC. At the same time, satisfactory radiation properties over the entire frequency range are also necessary.

Ultra Wide band antenna based on fractal geometry has been proposed in this thesis. The proposed antenna is microstrip line fed and its structure is based on fractal geometry where the resonance frequency of antenna is lowered by applying iteration techniques. Analysis of fractal antenna is done by using Software named HFSS 13. This antenna has low profile, is lightweight and easy to be fabricated and has successfully demonstrated multiband and broadband characteristics. The antenna size inclusive of the ground plane is compact with dimensions $21mm \times 23.5mm$ and has wide operating bandwidths of 37 GHz. The antenna exhibits omnidirectional direction radiation coverage with a gain from 3 to 6 dB in the entire operating band. Measured results show that this antenna operates from 2.6 to 40 GHz with a fractional bandwidth of above 175% and has relatively stable radiation patterns over its whole operation band.

Index terms: antenna , ultra wideband antenna, fractal antenna , super wideband fractal antenna, microstrip antenna.



Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical and Robotics Engineering
M.Sc. Thesis in Electromagnetic Wave and Field Engineering

Design, Simulaion, and Fabrication of a Fractal UWB Microstrip Antenna

By: Seied shahab odin Abdpour

Supervisor:
Dr. Nima Azadi-Tinat

september2018