

تحلیل یک آنتن میکرواستریپ با ساختار صفحه زمین ناقص قابل بکارگیری در سامانه های دفاع الکترونیک

تاریخ دریافت:

۶ اسفند ماه ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش:

۴ فروردین ماه ۱۴۰۳

احمد دولت خواه^۱، بهنام درستکار^{*۲}

۱. دانشجوی دکتری، گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات، دانشکده علوم فنون منابع سازمانی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات، دانشکده علوم فنون منابع سازمانی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

چکیده

در این مقاله یک آنتن کوچک با دو پورت با کاربرد فرایهین باند برای کاربردهای جنگ الکترونیک معرفی شده است. این آنتن از نوع تک قطبی است و دارای بخش‌هایی به شکل حرف U روی پچ و صفحه زمین ناقص است که با استفاده از بند استاپ، تشعشع بین دو پورت را کنترل می‌کند تا تطابق امپدانس در پهنای باند گسترده‌تری (از ۴ تا ۱۲.۱ گیگاهرتز) ایجاد شود. این آنتن تک قطبی UWB به صورت افقی با فاصله‌ای کمتر از یک چهارم طول موج در فرکانس ۴ گیگاهرتز بازسازی می‌شود تا یک آنتن ورودی و خروجی چندگانه UWB (MIMO) با ابعاد $25 \times 38 \times 1.6$ میلی‌متر مکعب ایجاد شود. در آنتن UWB MIMO، با قرار دادن یک پچ مستطیلی با شکاف حرف U و تغییرات در سطح زمین، عملکرد آنتن بهبود می‌یابد. صفحه زمین اصلاح شده نیز به عنوان یک ساختار جداکننده عمل می‌کند و ایزولاسیون زیر ۲۱ دسی‌بل را در فرکانس کاری ۵-۱۳.۵ گیگاهرتز فراهم می‌کند. همچنین، شبیه سازی در نرم افزار شبیه سازی HFSS طراحی شده به صورت مقابل است.

واژه‌های کلیدی: آنتن میکرواستریپ، فرایهین باند، صفحه زمین ناقص، جنگ الکترونیک.

Analysis of a microstrip antenna with an incomplete ground plane structure that can be used in electronic defense systems

Ahmad Dolatkah¹, Behnam Dorostkar^{*2}

1. Ph.d student, Department of Information and Communication Technology, Amin Police University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Information and Communication Technology, Amin Police University, Tehran, Iran.

Abstract

In this paper, a small dual-port antenna with ultra-wideband application for electronic warfare applications is introduced. This antenna is of the monopole type and has U-shaped sections on the patch and an incomplete ground plane that controls the radiation between the two ports using a stop band to provide impedance matching over a wider bandwidth (from 4 to 12.1 GHz). to be This UWB monopole antenna is reconstructed horizontally with less than a quarter-wavelength spacing at 4 GHz to create a UWB multiple input and output (MIMO) antenna with dimensions of $25 \times 38 \times 1.6$ mm³. In the UWB MIMO antenna, the antenna performance is improved by placing a rectangular patch with a U-shaped slot and variations in the ground surface. The modified ground plate also acts as an isolation structure, providing isolation below 21 dB at the operating frequency of 13.5-5 GHz. Also, the simulation in HFSS simulation software is designed in opposite way.

Key words: Antenna, Ultra wide band, Defected ground plane, Electronic warfare

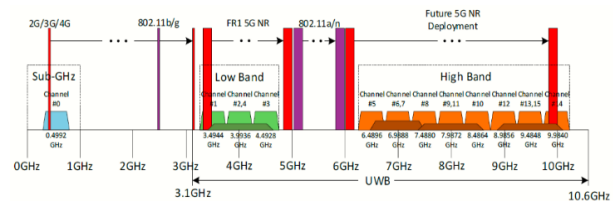
۱- مقدمه

به آنتن‌های کارآمد برای تامین پهنای باند مورد نیاز نیاز دارند. بنابراین، رفتار و عملکرد آنتن باید در سراسر طیف UWB تعیین شده سازگار و قابل پیش‌بینی باشد [۶]. در حالت ایده آل، الگو و تطبیق باید در کل پهنای باند پایدار باشد و آنتن ترجیحاً تطبیق ثابت داشته باشد. علاوه بر این، ویژگی‌های وابسته به فرکانس آنتن‌ها و اثرات و ویژگی‌های حوزه زمان باید شناخته باشند. انواع مختلفی از آنتن‌ها در سیستم‌های UWB مورد استفاده قرار می‌گیرند، مانند میکرو نوار مسطح، تک قطبی روی صفحه فلزی، تک قطبی و دوقطبی چاپی، وصله پشته‌ای، شکاف مخروطی، متامتریال، تشدید کننده دی الکتریک و آنتن‌های مشابه، روش‌های دسته بندی این آنتن‌ها را می‌توان از نظر فرکانس کاری، هندسه، عملکرد، مواد و غیره در دسته بندی‌های مختلف در نظر گرفت. بنابراین، آنتن‌های UWB را می‌توان به طور تقریبی به طرح‌های دو یا سه بعدی، همه جهته و جهت دار طبقه بندی کرد [۷].

آنتن چندرودی چندخروجی فراپهن باند در جنگ الکترونیک به عنوان یک فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آنتن UWB MIMO در جنگ الکترونیک امکاناتی را فراهم می‌کند. این آنتن قادر است به صورت همزمان و موازی اطلاعات بیشتری را از طریق مسیرهای مستقل دریافت و ارسال کند، که بهبود قابل توجهی در کیفیت و دقت سیگنال می‌دهد. با استفاده از فرکانس باند بسیار گسترده UWB، آنتن UWB MIMO قادر است از پهنای باند بالایی در فرکانس‌های مختلف استفاده کند. این ویژگی به آنتن امکان می‌دهد تا سیگنال با رزولوشن بالا و جزئیات دقیقتر را دریافت و ارسال کند [۸]. همچنین، آنتن UWB MIMO به دلیل قابلیت تمرکز دقیق بر روی منابع سیگنال، می‌تواند در سامانه‌های دفاع الکترونیکی بازتاب‌های ضعیفتری را تشخیص داده و سیگنال با کیفیت بهتری را تولید کند. با استفاده از فرکانس باند بسیار گسترده UWB، آنتن UWB MIMO قادر است از پهنای باند بالایی در فرکانس‌های مختلف استفاده کند. این ویژگی به آنتن امکان می‌دهد در محیط‌های با تداخل بالا عمل کند. همچنین، فناوری فراپهن باند به آنتن اجازه می‌دهد تا فاصله زمانی بسیار کوتاهی بین پالس‌های مختلف ایجاد کند، که امکان تمرکز دقیق بر روی یک منبع سیگنال را فراهم می‌کند [۹-۱۰]. DGS یک تکنیک مهم در طراحی و بهینه‌سازی فیلترها، موج‌برهای موج مسطح، تقویت کننده‌ها و آنتن‌ها است در زیر، کاربردهای DGS در زمینه‌های مختلف را ارائه می‌گردد [۱۱-۱۲].

۱- فیلترها DGS: می‌تواند در طراحی و بهینه‌سازی فیلترهای میکروویو و میلی‌متری استفاده شود. با قرار دادن ساختار DGS در نزدیکی خطوط

تقاضای مداوم برای استفاده از تجهیزات با سرعت پردازش بالا و سیستم‌های تصویربرداری با وضوح بالا باعث افزایش علاقه به طراحی سیستم‌های تصویربرداری مدرن شده است. در حوزه تصویربرداری مایکروویو، فناوری فراپهن باند این فرصت را برای دستیابی به وضوح بالا و نفوذ بالا با استفاده از اجزای فرکانس بالاتر و پایین‌تر سیگنال‌های ارسال می‌کند. همچنین در حوزه ارتباطات بی سیم، سیستم‌های پهن باند امکان اتصال یکپارچه محصولات الکترونیکی مصرفی را فراهم می‌کنند و در نتیجه سیستم‌های باند پهن در حال توسعه بوده و تحقیق بر روی بخش‌های مختلف آن مورد تایید می‌باشد. معرفی فناوری فوق پهن باند فرصتی هیجان انگیز و چالش برانگیز برای توسعه و طراحی سیستم‌های جدید ارتباط بی سیم و تصویربرداری مایکروویو باند پهن فراهم کرده است. کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) در ایالات متحده آمریکا طیف فرکانسی سیستم‌های فراپهن باند را در محدوده فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز ارائه داده که در شکل ۱ می‌توان طیف فرکانسی توصیف شده را ملاحظه نمود [۵-۱].



شکل ۱- طیف فرکانسی فراپهن باند

آنتن‌های با ابعاد کوچک، پهنای باند فرکانسی وسیع، بهره بالا و تشعشعات مناسب در سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم از جمله مفاهیمی هستند که در این مقاله تلاش شده است تا مقادیر مطلوبی برای آنها استخراج گردد. همچنین آنتن‌ها نقش بسیار مهمی را در تلفات کم و نرخ انتقال بالایی داده با توان مصرفی کم را بازی می‌کنند. یکی از منابع اصلی تلفات، عدم تطبیق پلاریزاسیون در سیستم‌های فرستنده و گیرنده می‌باشد. در طی شش دهه اخیر، آنتن‌های با پلاریزاسیون دایروی برای غلبه بر این مشکل طراحی و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. همچنین از این آنتن‌ها می‌توان برای رفع مشکلات چند مسیری، حذف میدان‌های ناخواسته و حساسیت کمتر نسبت به عناصر متحرک استفاده نمود. برای تولید پلاریزاسیون دایروی به دو مولفه میدان الکتریکی متعام در میدان دور مورد نیاز است.

۲- مبانی علمی و پیشینه

با در نظر گرفتن مزایای ارائه شده توسط آنتن‌های UWB، تلاش زیادی برای تحقیق و توسعه در زمینه دستگاه‌های آنتن UWB، آنتن‌ها و پردازش سیگنال آنتن انجام شده است. سیستم‌های آنتن UWB

انتقال یا رزوناتورها، می‌توان خواص انتقال الکترومغناطیسی فیلتر را تغییر داد و نواحی پاس‌باند و قطع‌باند را بهبود داد.

۲- موجبرهای موج مسطح DGS: می‌تواند در طراحی موجبرها و موجبرهای موج مسطح (Planar Waveguides) استفاده شود. با قرار دادن ساختارهای DGS در موجبرها، می‌توان خواص انتقال موج را تغییر داد و مشکلاتی مانند خمش و تداخل‌های الکترومغناطیسی را کاهش داد.

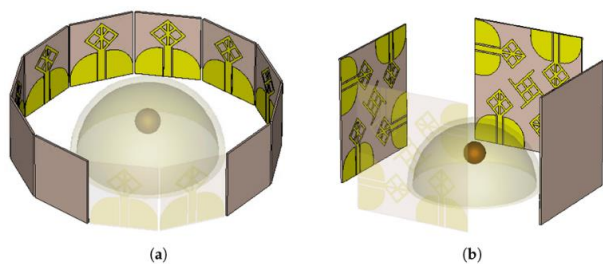
۳- تقویت‌کننده‌های DGS: می‌تواند در طراحی تقویت‌کننده‌ها (Amplifiers) استفاده شود. با استفاده از ساختارهای DGS در مناطق مشخصی از تقویت‌کننده، می‌توان راندمان و پایداری آن را بهبود داد و نویزها و تداخلات را کاهش داد.

۴- آنتن‌ها DGS: می‌تواند در طراحی آنتن‌ها استفاده شود. با قرار دادن ساختارهای DGS در نزدیکی المان‌های آنتن، می‌توان الگوی تابش آن را بهبود داد و پهنای باند را افزایش داد. همچنین، استفاده از DGS می‌تواند به کاهش اثرات جانبی مانند جلوه کراس پلاریزاسیون (Cross-Polarization) و افزایش انتقال انرژی کمک کند. در کل، تحقیقاتی در زمینه آنتن میکرواستریپ با ساختار DGS برای جنگ الکترونیک انجام شده است که در این بخش مرور می‌گردد:

یک تحقیق در زمینه استفاده از آنتن میکرواستریپ با ساختار DGS انجام شد. در این تحقیق، از یک آنتن با ساختار DGS به همراه یک الگوریتم پردازش سیگنال استفاده شد. آنتن مخروطی دایره‌ای با باند بسیار پهن و فشرده جدید برای سیستم تشخیص مبتنی بر میکروویو ارائه شده است [۱۳]. در مقایسه با سایر آنتن‌ها، ساختار پیشنهادی به اندازه ۴۸ میلی‌متر \times ۴۵.۷ میلی‌متر فشرده است و پهنای باند امپدانس را با کاهش سطح لوب کناری بهبود می‌بخشد. نتایج اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد تلفات بازگشتی در باند فرکانسی (۳.۱ گیگاهرتز - ۱۰.۶ گیگاهرتز) بهبود یافته است. الگوی تابش، تاخیر گروه مسطح، ضریب همبستگی سیستم بیشتر از ۹۰٪ و مقدار FBR بیش از ۹ دسی بل به دست می‌آید. علاوه بر این، یک مدل سینه سه بعدی با تومور کروی به اندازه ۵ میلی‌متر با استفاده از نرم افزار CST مایکروویو استودیو طراحی شده است و با آرایه آنتن CTVAD پیشنهادی 2×10 روشن می‌شود. سپس الگوریتم بازسازی تصویر با کمک نرم افزار متلب پیاده سازی می‌شود تا تصویر انرژی پس پراکنده تشکیل شود [۱۴]. فناوری باند فوق عریض به طور خاص به فناوری حسگر رادیویی در بازیابی اطلاعات شرایط فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در بین اندام‌های

مختلف انسان اعطا کرده استدر این مقاله، ساختار آنتن هیبریداسیون تشدیدگر دی الکتریک مستطیلی حلقه [RRDR] قرار گرفته بر روی بیج حلقه چندگانه، که در باند فرکانسی ۵.۴-۱۵ گیگاهرتز کار می‌کند، برجسته می‌کند. پهنای باند امپدانس ۹۴.۱٪ با هیبریداسیون بیج و آنتن تشدید کننده دی الکتریک همراه با ساختار زمین شکافدار به دست می‌آید. حداکثر بهره ۵.۷ dBi و راندمان بالای ۹۵ درصد در کل باند عملیاتی به دست می‌آید که آنتن هیبریدی ارائه شده برای ارتباطات پوشیدنی و روی بدنه بسیار مناسب است. این آنتن را برای تشخیص اولیه سرطان سینه و همچنین شبکه های بی سیم ناحیه بدن (WBAN) مناسب می‌کند [۱۵].

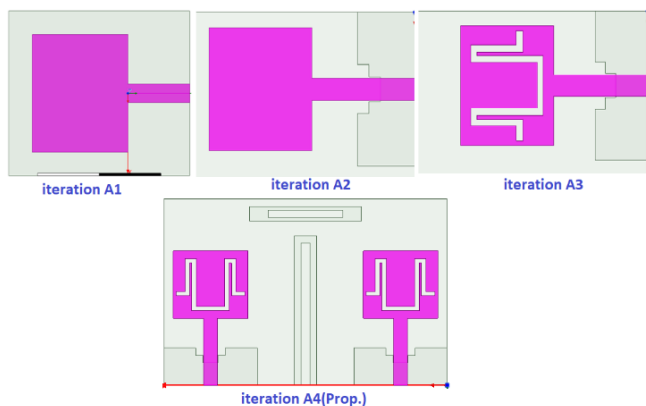
یک سیستم آنتن چند ورودی-چند خروجی (MIMO) با تغذیه باند فوق عریض (UWB) را ارائه می‌دهد که برای کاربردهای تصویربرداری مایکروویو طراحی شده است. آنتن پیشنهادی دارای یک مربع مورب با چهار خط داخلی و یک خط عمودی در مرکز از پنجه تا نوک با خط تغذیه CPW است، آنتن شبیه یک اسکلت ماهی است. پهنای باندی از ۳.۸ تا ۱۲.۷ گیگاهرتز ارائه می‌دهد. آنتن پیشنهادی که بر روی یک زیرلایه تفلون ۳۱ میل RO5880 RF با گذردهی نسبی ۲.۲ ساخته شده است، دارای ابعاد $26 \times 29 \times 0.787$ میلی‌متر مکعب است. حداکثر بهره محقق شده به دست آمده ۳.۵ dBi با الگوهای تابش همه جهته پایدار است. آنتن در یک پیکربندی MIMO چهار آنتن با ساختار بهبود یافته استفاده می‌شود. سیستم MIMO دارای ابعاد $58 \times 58 \times 0.787$ میلی‌متر مکعب با حداکثر بهره تحقق یافته ۵.۳ دسی‌بی است [۱۶].



شکل ۲- آنتن چند ورودی چند خروجی

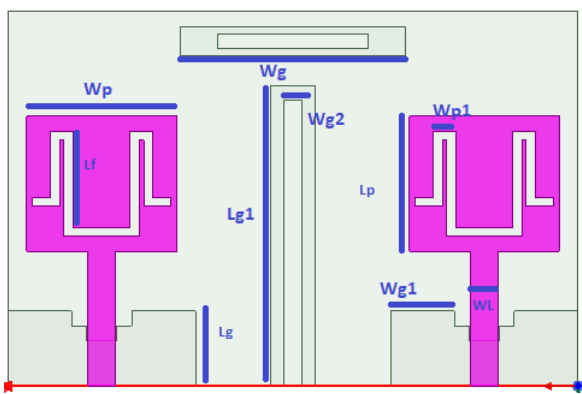
۳- ساختار پیشنهادی

در این مقاله یک آنتن فرابهن باند با ابعاد $38 \times 25 \times 1.6$ میلی‌متر مکعب و زمین اصلاح شده برای مقاصد فرابهن باند در دفاع الکترونیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مراحل رسیدن به ساختار نهایی آنتن پیشنهادی در شکل‌های ۳ و ۴ و ارائه شده است که در نرم افزار HFSS پیاده سازی شده است. آنتن فرابهن باند از پالس‌های باریک (با ترتیبی از چند نانوثانیه یا کمتر) برای حسگری و ارتباطات استفاده



شکل ۴- مراحل تکامل طراحی آنتن های پیشنهادی

آنتن دارای یک خط تغذیه 50Ω CPW در سمت بالا است و دو کانکتور SMA در انتهای خط متصل است. آنتن پیشنهادی پس از طراحی اولیه بر بستر FR-4 تشکیل و مقادیر $\epsilon_r = 4.3$ و $\tan \delta = 0.025$ باعث شد تا اندازه ساختار به حالت بهینه $25 \times 38 \times 1.6$ میلی متر مکعب دست یابیم. پارامترهای بهینه طراحی نهایی آنتن پیشنهادی در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۵- اندازه های آنتن پیشنهادی

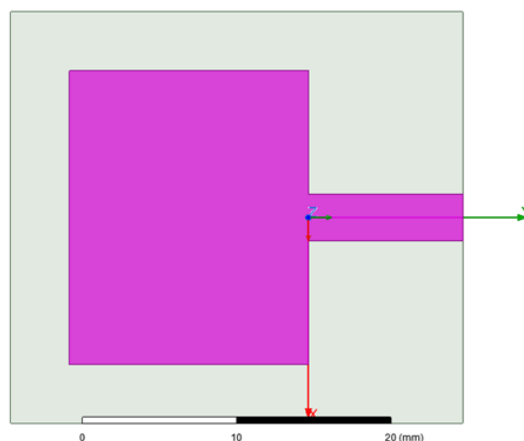
جدول ۱- اندازه های آنتن پیشنهادی

L	38mm	WL	2mm
W	25mm	Lp	9mm
Lg	5.7mm	Wp	10mm
Lf	4mm	Wg	15mm
Lg1	20mm	Wp1	1.5mm
Wg1	4.5mm	Wg2	1.2mm

۴- نتایج شبیه سازی

در طراحی یک شیار U شکل از سطح زمین برای دستیابی به پهنای باند امپدانس گسترده تر حک شده است. مراحل تکامل آنتن منحنی های S11 آن در شکل (۶) نشان داده شده است. آنتن در طراحی اولیه دارای فرکانس عملیاتی ۳.۲-۶ گیگاهرتز است و به دلیل تغییر سطح زمین است. در طراحی بعدی، پیکربندی پهنای باند وسیع تری را فراهم

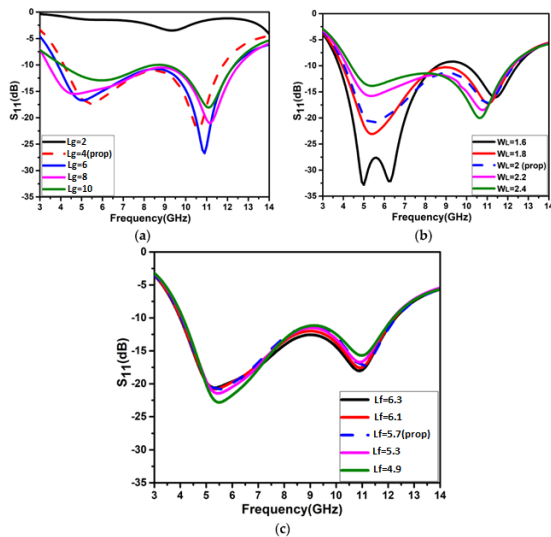
می کند. آنتن پیچ میکرواستریپ به دلیل مزایایی مانند سبک بودن، یکپارچه سازی آسان، اندازه کوچک و فشرده بودن، به طور متداول در طراحی آنتن UWB استفاده می شود. از آنجا که آنتن های پیچ میکرواستریپ به طور ذاتی ویژگی پهنای باند باریک دارند، تکنیک های بسیاری برای افزایش پهنای باند و به دست آوردن ویژگی های UWB توسعه یافته اند. در طرح آنتن پیشنهادی، رویکرد طراحی، پیچ آنتن یک پیچ با صفحه زمین ناقص مطابق با طرح های پایه آنتن های میکرواستریپ بوده اما هدف دستیابی به پهنای باند بسیار بالاتری می باشد که این یک مزیت برای ساختار مدنظر می باشد. صفحه زمین ناقص در آنتن پیشنهادی برای بهبود پهنای باند و کاهش تشعشعات کاذب، به مجموعه ای از ابعاد بسیار کوچک تر در مقایسه با موارد استفاده شده در کارهای قبلی بهینه شده است. علاوه بر این، این رویکرد تغذیه با هندسه های معمولی مانند تکه های مستطیلی و مثلثی به خوبی کار می کند و پهنای باند امپدانس نزدیک به ۵۰٪ را در تمام موارد مورد مطالعه ارائه می دهد. در نتیجه یک آنتن میکرواستریپ کم هزینه، فشرده و انعطاف پذیر UWB طراحی شده است. برای دستیابی به یک الگوی تشعشعی تک قطبی و پهنای باند وسیع، یک آنتن وصله میکرو نوار دایره ای با تغذیه CPW با صفحه زمین کامل طراحی شد که با توجه به عملکرد خوب در تلفات بازگشتی اما عدم وجود پهنای باند مناسب نیاز به تغییر طرح برای کاربرد فرایهن باند را الزامی می کند.



شکل ۳- طرح اولیه آنتن پیشنهادی

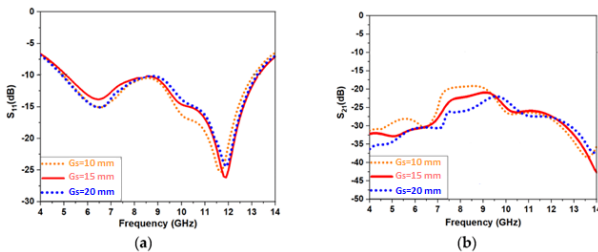
در نهایت آنتن یک شکل پیچ مربعی با ساختاری U شکل برش خورده در سمت بالا و یک خط انتقال CPW و زمین ناقص در سمت پایین دارد. در مقایسه با آنتن های معمولی که در مقالات مرجع ارائه شده است، اندازه نسبتاً کوچک 25×38 میلی متر مربع دارد. این با استفاده از فرآیندهای استاندارد تولید برد مدار چاپی (PCB) با مواد انعطاف پذیر ساخته می شود. آنتن دارای یک خط تغذیه 50Ω CPW در آنتن

در این قسمت عملکرد آنتن پیشنهادی به ازای تغییر پارامترهای آنتن مورد ارزیابی قرار گرفته است تا نشان دهد که ساختار مد نظر حالت بهینه می باشد. در مرحله اول، سطح برش پچ آنتن (Lg) به ازای مقادیر مختلف از ۱۰ تا ۲ میلیمتر مورد شبیه سازی قرار گرفته است. کاهش سطح زمین آنتن، توزیع جریان یکنواخت را تغییر می دهد و ضریب کیفیت را کاهش می دهد، که پهنای باند امپدانس را افزایش می دهد. تغییر در مقدار تلفات بازگشتی و تاثیر آن در شکل ۸ نشان داده شده است. عرض خط تغذیه (WL) از ۱.۶ میلی متر تا ۲.۴ میلی متر با گام ۰.۲ میلی متر متغیر است. به ازای عرض خط تغذیه برابر با ۲ میلی متر مقدار بهینه بدست آمده است. به طور مشابه، طول برش پچ (Lf) از ۴.۹ میلی متر تا ۶.۳ میلی متر با گام ۰.۴ میلی متر متغیر است. تغییر در Lf تأثیر کمتری بر منحنی S11 دارد. مقدار Lf برای عملکرد بهینه آنتن ۵.۷ میلی متر انتخاب شده است.



شکل ۸- تجزیه و تحلیل پارامتریک (ابعاد بر حسب میلی متر است)

آنتن پیشنهادی به صورت افقی با فاصله لبه به لبه ۱۰ میلی متر بررسی می شود.

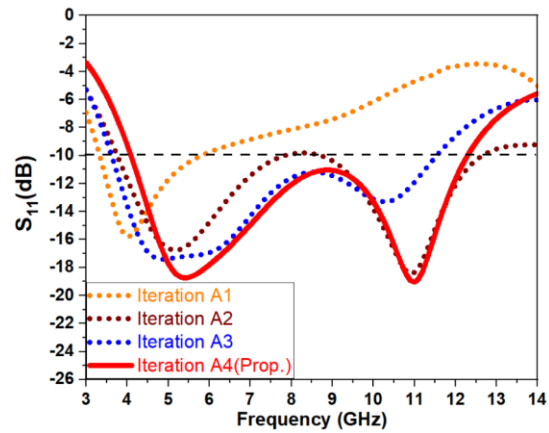


شکل ۹) تجزیه و تحلیل پارامتری برای جداسازی لبه به لبه در آنتن MIMO: (الف) S11، (ب) S21.

۵- نتیجه گیری

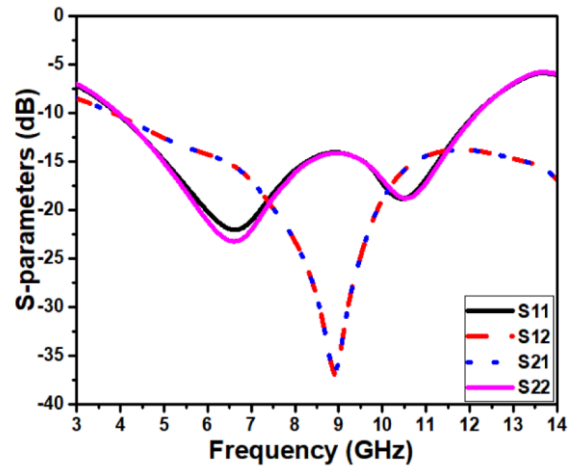
در این مقاله یک آنتن پچ UWB کوچک، ساده و اقتصادی برای استفاده از بستر FR4 ارائه شده است. این آنتن نه تنها اقتصادی است، بلکه به دلیل الگوی تابشی که تولید می کند، می تواند تصاویر با وضوح

می کند، اما در فرکانس مرکزی، منحنی S11 کمتر از خط -۱۰ دسی بل قرار دارد. در طراحی بعدی تغییرات مناسب است اما فرکانس کاری کمتری مشاهده می شود، در طراحی نهایی پهنای باند وسیع تری زیر ۱۲- دسی بل از ۴ تا ۱۲.۱ گیگاهرتز فراهم می کند.



شکل ۶- مراحل تکامل منحنی های S11

منحنی پارامترهای S در شکل ۷ نشان می دهد که آنتن پیشنهادی در محدوده فرکانسی ۴ تا ۱۲.۲ گیگاهرتز کار می کند، اگرچه کوپلینگ میدان بین پورت های آنتن، به ویژه در فرکانس های پایین تر و بالاتر قابل توجه است. کوپلینگ متقابل قوی بین پورت ها حتی از طریق نمودار توزیع جریان سطحی آنتن پیشنهادی در فرکانس تشدید ۶.۵ گیگاهرتز و ۱۰.۵ گیگاهرتز مشاهده می شود.



شکل ۸- منحنی پارامترهای S شبیه سازی شده

یک شکل خاص در صفحه زمین باعث بهبود بخشدن به پارامترهای آنتن شده است. پیکربندی آنتن اصلاح شده در محدوده فرکانس ۵ تا ۱۳.۵ گیگاهرتز با اینزوله بهتر از ۲۲ دسی بل در فرکانس کاری می کند. تغییرات سطح زمین جریان یکنواخت را قطع می کند و از کوپلینگ متقابل جلوگیری می کند. اصلاح سطح زمین آنتن پیشنهادی با عملکرد به عنوان یک ویژگی استاپ باند، کوپلینگ متقابل را کاهش می دهد.

- [۶] ورامینی، گوهر؛ ناصر مقدسی، محمد. (۱۴۰۱). ساخت و کوچک سازی آنتن میکرواستریپ فراپهن باند بهره بالا برای سیستم های رادیویی. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۳، شماره ۸، ۹۱-۸۰.
- [۷] اسکویی، حمید؛ خوش چشم، مرتضی، محمدی شیرکلائی؛ مرتضی. (۱۴۰۱). طراحی و ساخت آنتن حلزونی پهن باند با حذف پلاریزاسیون دایروی چیگرد با بالن میکرواستریپ باریک شونده ۵۰ اهم. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۳، شماره ۱۱، صص ۶۹-۷۶.
- [۸] عطاران، ندا. (۱۴۰۰). موقعیت یابی بر پایه آنتن های RFID مبتنی بر ساخت جوهر رسانای نانوذرات نقره. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۲، شماره ۸، صص ۸۵-۹۳.
- [9] X. Li, S. K. Davis, S. C. Hagness, D. W. Van der Weide, and B. D. Van Veen, "Microwave imaging via space-time beamforming: Experimental investigation of tumor detection in multilayer breast phantoms," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 52, no. 7, pp. 1856-1865, 2004.
- [10] P. M. Meaney, D. Goodwin, A. Golnabi, M. Pallone, S. Geimer, and K. D. Paulsen, "3D Microwave bone imaging," in Antennas and Propagation (EUCAP), 2012 6th European Conference on, 2012, pp. 1770-1771.
- [11] SAVCI, Hüseyin Şerif. A Four Element Stringray-Shaped MIMO Antenna System for UWB Applications. Micromachines, 2023, 14.10: 1944
- [12] Nakmouche, Mohammed Farouk, A. M. M. A. Allam, Diaa E. Fawzy, Ding Bing Lin, and Mohamed Fathy Abo Sree. "Development of H-slotted DGS based dual band antenna using ANN for 5G applications." In 2021 15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), pp. 1-5. IEEE, 2021.
- [13] Awan, W. A., Naqvi, S. I., Naqvi, A. H., Abbas, S. M., Zaidi, A., & Hussain, N. (2021). Design and characterization of wideband printed antenna based on DGS for 28 GHz 5G applications. Journal of Electromagnetic Engineering and Science, 21(3), 177-183.
- [14] Olawoye, T. O., & Kumar, P. (2022). A high gain antenna with DGS for sub-6 GHz 5G communications. Advanced Electromagnetics, 11(1), 41-50.
- ثبت کند و تابش آن به عمق بافت نیز بتواند نفوذ کند. نتایج نشان می دهد که این آنتن دارای تاخیر و اعوجاج کمی در سیگنال است و بازسازی آن را ساده می کند. تفاوت معقولی بین نتایج شبیه سازی و اندازه گیری وجود دارد. مطالعات پارامتریک نشان می دهد که حتی کمی تغییر در اندازه شکاف تأثیر قابل توجهی بر تطابق امپدانس آنتن دارد. ساختار زمین ناقص منحصر به فرد به عنوان یک ساختار جداکننده، جداسازی بین خط انتقال و پیچ آنتن را بهبود می بخشد. ساختار جداسازی بیش از ۲۱ دسی بل ایزولاسیون را در محدوده فرکانس کاری ۵ تا ۱۳.۵ گیگاهرتز آنتن ارائه می دهد. ویژگی های عملکرد آنتن UWB MIMO طراحی شده، مانند پارامترهای پراکندگی، خواص تابش، و ویژگی های حوزه زمانی مورد بررسی قرار می گیرند.

۶-مراجع

- [1] C. H. Jones, "Methods of breast imaging," Physics in Medicine and Biology, vol. 27, no. 4, pp. 463-499, 1982.
- [2] J. Cuzick, I. Sestak, B. Bonanni, J. P. Costantino, S. Cummings, A. DeCensi, et al., "Selective oestrogen receptor modulators in prevention of breast cancer: an updated meta-analysis of individual participant data," The Lancet, vol. 381, no. 9865, pp. 1827-1834, 2013.
- [۳] بیات، میثم؛ فتحی، مهرداد؛ هوشمند، رضا. (۱۴۰۱). ارایه یک الگوریتم بهبود یافته تطبیقی به منظور حذف اثر اخلاص گر نقطه ای در گیرنده رادارهای پالسی. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۳، شماره ۹، صص ۸۱-۹۲.
- [۴] درستکاریاقتی، بهنام، یاوند حسنی، جواد. (۱۴۰۱). تحلیل اثر حفاظت الکترواستاتیکی بر عملکرد گیرنده فراپهن باند قابل استفاده برای مخابرات برد کوتاه پلیس هوشمند. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۱۰۵-۱۱۵.
- [۵] خلیل پور، جعفر. (۱۴۰۱). آنتن میکرواستریپ پترن مخروطی با ابعاد بهینه بر پایه فرامواد. نشریه "فناوری اطلاعات و ارتباطات انتظامی"، دوره ۳، شماره ۱۲، صص ۷۸-۷۰.