طراحی و ساخت آنتن مایکرواستریپ سه بانده و دوپلاریزه برای BTS

خاطره مرادی[1] **سعید نیک‌مهر[2]**

۱- مربی، دانشکده انرژی، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
kh.moradi@kut.ac.ir

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
nikmehr@tabrizu.ac.ir

چکیده: در این مقاله، یک آنتن پچ مایکرواستریپ سه بانده با پلاریزاسیون دوگانه ، شامل یک پچ مستطیلی، با برش‌هایی در هر چهار لبه ارائه می‌شود، که برای بکارگیری در ایستگاه پایه موبایل مناسب است. یکی از باندها، GSM900، و باند دیگر DCS1800 و UMTS2100 را پوشش می‌دهد. آنتن ارائه شده دیکوپلینگ پورت خوبی، کمتر از 30dB- برای پلاریزاسیون دوگانه خطی، در باندهای عملکرد از خود نشان می‌دهد. ساختار آنتن بر اساس پیکربندی پشته‌ای با تغذیه کوپلینگ روزنه‌ای طراحی شده و دارای دو تغذیه برای دستیابی به پلاریزاسیون دوگانه است که بر روی دو لایه مجزا و بصورت عمود برهم قرار گرفته‌اند. آنتن با استفاده از نرم افزار HFSS شبیه سازی شده و با تغییر قسمت‌های موثر بصورت پارامتری، در نهایت عملکرد سه بانده و دوپلاریزه تنها با یک المان تشعشعی و دو پورت تغذیه بدست آمده است. ماکزیمم گین بدست آمده نیز حدود 11.9dBi در باند پایین، و 7dBi در باند بالا است.

کلمات کلیدی: آنتن مایکرواستریپ؛ دو بانده؛ دوپلاریزه؛GSM ؛ DCS ؛ UMTS

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

نام نویسنده‌ی مسئول: خاطره مرادی

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران – کرمانشاه – میدان آزادگان –ابتدای شهرک پردیس – دانشگاه صنعتی کرمانشاه – دانشکده انرژی

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol10- No.1 Spring & Summer 2013

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]

۱- مقدمه

در سال‌های آتی، نسل جدید سیستم‌های ارتباطی بیسیم، آنتن‌های ایستگاه پایه جدید و بهبود یافته‌ای را تقاضا خواهند کرد. آنتن‌های ایستگاه پایه جدید بایستی جایگزین آنتن‌های قبلی شده و تعداد کلی آنتن‌های روی یک ایستگاه پایه را کاهش دهند [۱]. برای سرعت بخشی به این فرآیند، در بیشتر موارد مناسب است که از سایت‌های یکسان استفاده کرده و آن‌ها را با دکل‌هایی که هنوز برای سیستم نسل‌های قبل بکار می‌روند مجهز نمود. بنابراین مطلوب است که آنتن‌های چندبانده‌ای داشته باشیم که قادرند از باندهای قدیمی به باندهای جدید تغییر کاربری بدهند. در اروپا این یعنی تقاضا برای المان‌های آنتنی که قادرند در باندهای GSM، DCS و UMTS کار کنند [۲].

بطورکلی وقتی عدم فضای کافی برای داشتن ابزارهای چند کاره ، یک محدودیت غالب است، المان‌های تشعشعی چندبانده یا پهن باند، واقعا مورد نیاز هستند مثلا در ابزارهای موبایل و یا در تاسیسات ایستگاه پایه، هنگامی که آنتن‌ها بایستی روی ساختمان‌هایی نصب شوند که نمی‌توانند با اجسام زیاد از شکل بیافتند، این نیاز بیشتر احساس می‌شود. مخصوصا اگر آنتن‌ها بزرگ و مزاحم باشند [۳]. در این میان آنتن‌های پچ مایکرواستریپ دارای ویژگی‌های برتر زیادی از قبیل سادگی ذاتی برای ساخت و تولید انبوه، هزینه تولید کم، وزن سبک وکوچکی و...بوده که آنها را به یک گزینه مناسب برای بسیاری ازکاربردها و از جمله برای کاربردهای مخابرات سیار، تبدیل می‌سازد. پیشرفت‌های اخیر، طراحی و توسعه آنتن‌های مایکرواستریپ را ضروری ساخته و از این میان، دستیابی به عملکرد دو یا چند فرکانسه در کنار ویژگی‌های دیگری از قبیل فشردگی، پهنای باند بالا و داشتن پلاریزاسیون دوگانه خطی یا دایروی، از اهمیت خاصی برخوردار است [۴].

همچنین علاوه بر نیاز برای المان‌های چندبانده، اغلب مطلوبست که سیستم آنتن قادر به جبران تنزل سیگنال به خاطر پیچیدگی کانال انتشار و اثرات مخرب محوشدگی چندمسیری[۱]، باشد. یکی از کاراترین تکنیک‌ها، برای رفع این مشکل دایورسیتی پلاریزاسیون [۲] نامیده می‌شود، که شامل استفاده از سیستم‌های آنتن چندتایی بوده و دو مولفه به اندازه کافی ناهمبسته سیگنال را دریافت کرده و آنها را بطور مناسبی در گیرنده ترکیب می‌کند تا نسبت سیگنال به نویز را افزایش دهد [۳]. آنتن‌های مایکرواستریپ فشرده که قادر به تشعشع دو پلاریزه باشند، برای کاربرد در سیستم‌های مخابراتی بیسیم که متقاضی استفاده مجدد فرکانسی و دایورسیتی پلاریزاسیون می‌باشند، بسیار مناسبند [۵].

هدف مقاله حاضر ارائه یک تک المان سه بانده GSM[۳]900/DCS[۴]1800/UMTS[۵]2100 با پلاریزاسیون دوگانه است که به منظور قرارگیری در یک ترکیب آرایه‌ای طراحی شده مناسب باشد.

تا کنون آنتن‌های مایکرواستریپ گوناگونی به عنوان آنتن ایستگاه پایه گزارش شده‌اند. برخی از این آنتن‌ها مختص استفاده در هر باند بطور جداگانه بوده‌اند. که از این میان بعضی دارای یک پلاریزاسیون و بعضی نیز دارای پلاریزاسیون دوگانه هستند. بعضی آنتن‌ها نیز دو یا چند بانده بوده و آن‌ها نیز ممکن است پلاریزاسیون تکی یا دوگانه داشته باشند. تعداد محدودی تک المان دو بانده با پلاریزاسیون دوگانه وجود دارند که البته هنوز بصورت آرایه گزارش نشده‌اند [۶]. در [۷]، یک آنتن پچ دو بانده و پهن باند با برش‌هایی در دو لبه ارائه شده است اما این طرح قابلیت پلاریزاسیون دوگانه را ندارد. طرح ارائه شده در [8] یک آنتن پچ دو پلاریزه و دو بانده است که باندهای GSM900 و DCS1800 را پوشش می‌دهد. آنتن [۲] نیز یک آنتن دو پلاریزه و دو بانده با باندهای مشابه با طرح این مقاله است، اما برای هر باند و هر پلاریزاسیون از پورت تغذیه مجزا استفاده شده و آنتن در مجموع دارای ۴ پورت تغذیه و ساختار نسبتا پیچیده‌ای است.

۲- پیکر بندی آنتن

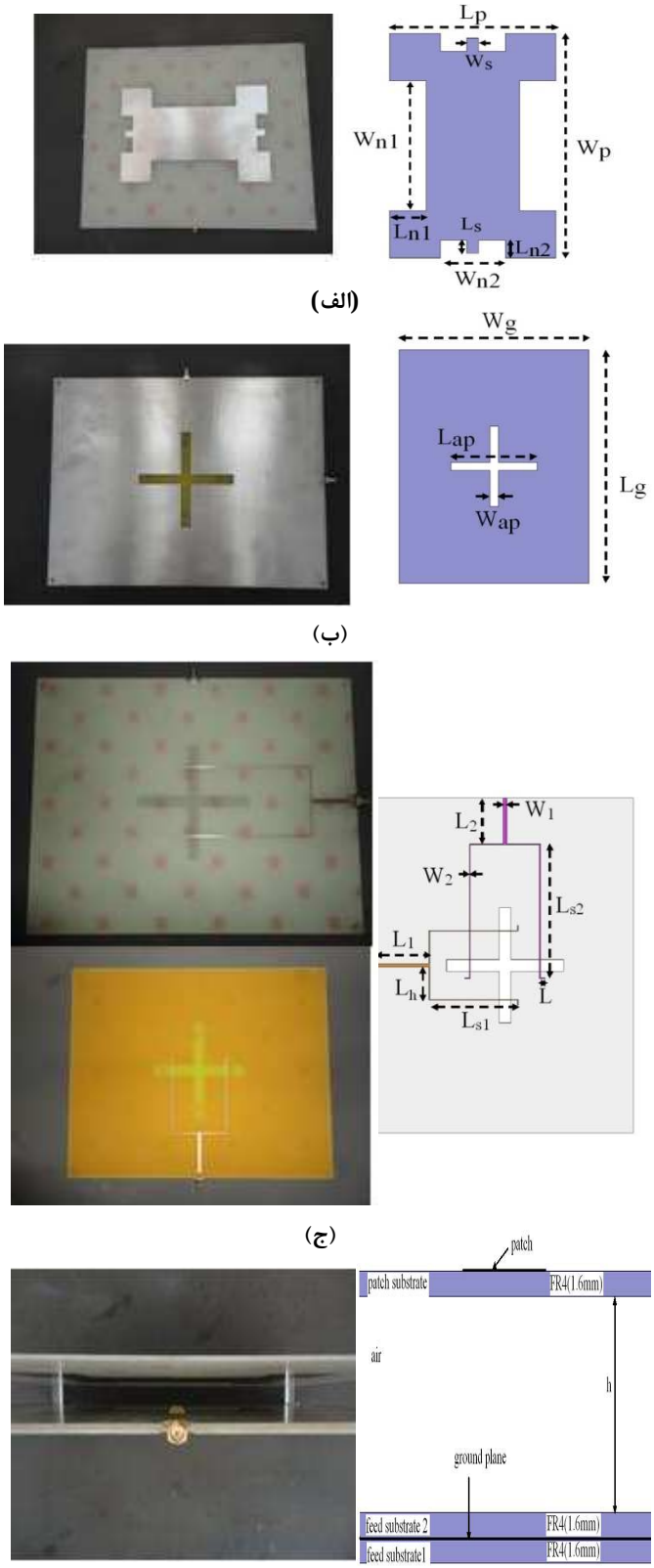
طرح اولیه بر مبنای یک ساختار پشته‌ای با تغذیه کوپلینگ شکافی با یک شکاف صلیبی شکل بروی صفحه زمین آن، قرار داده شد. ساختار آنتن ارائه شده همراه با تصویر آنتن ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، جهت داشتن آنتنی که در سه باند فرکانسی تشعشع کند، یک پچ مستطیلی با برش‌هایی در هر ۴ لبه بالاترین لایه یک ساختار چند لایه قرار گرفته است. شکل پچ را مشابه [۷] انتخاب کرده و در نهایت ابعاد بهینه با تحلیل پارامتری بدست آمدند. مکانیزم اصلی رفتار دو بانده، (باند دوم پهن باند) این پچ، ابعاد متفاوت طول و عرض و برش‌های روی آن‌ها می‌باشد. با تغییر ابعاد برش‌ها، یعنی : W_{n1} و W_{n2} و L_{n1} و L_{n2}، فرکانس‌های رزونانس بالا و پایین می‌توانند کنترل شوند. بعد از شبیه سازی اولیه، با اضافه کردن یک استاب کوچک به پچ نتایج بهتری بدست آمد و با بهینه سازی، شکل نهایی پچ بصورت شکل ۱(الف) درآمد.

بعد از مشخص شدن شکل پچ، جنس و ضخامت زیر لایه‌ها باید تعیین شود. انتخاب درست برای ضرایب دی‌الکتریک این زیرلایه‌ها بسیار مهم است. معمولا برای بالا بردن پهنای باند، ε_r مربوط به المان تشعشع کننده کم و ضخامت آن بزرگ انتخاب می‌شود و از طرفی ε_r مربوط به زیرلایه تغذیه را بزرگ و ضخامت آن را کوچک می‌گیرند تا تشعشع از خطوط تغذیه کمتر و پهنای خطوط باریک‌تر شود. اما علاوه بر مسأله پهنای باند ملاحظات دیگری از جمله مسأله ساخت نیز باید در نظر گرفته شود، بنابراین هرچند با توجه به توضیح فوق بهتر است دو زیرلایه متفاوت برای پچ و خطوط تغذیه استفاده شوند که زیرلایه پچ ضریب دی‌الکتریک پایین و زیرلایه تغذیه، ضریب دی‌الکتریک بالا داشته باشند، اما برای امکان‌پذیری هرچه بیشتر ساخت، و همچنین داشتن آنتنی سبک و ارزان، دو زیرلایه از نوع FR4

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]

با ε_r =4.4 انتخاب شدند. همچنین اگرچه طبق توضیح فوق، انتخاب ضخامت کمتر برای زیرلایه تغذیه بهتر است و طرح پیشنهادی نیز ابتدا با ضخامت 0.8mm برای لایه‌های تغذیه طراحی شد، اما از آنجا که زیرلایه باریک منجربه پهنای کم برای خطوط تغذیه شده و ساخت را مشکل می‌سازد، لذا از زیرلایه با ضخامت 1.6mm برای زیر لایه‌های تغذیه استفاده می‌شود. بنابراین در نهایت، برای هر سه زیرلایه، FR4 با ε_r =4.4 و ضخامت استاندارد 1.6 mm انتخاب شد.

ضمن اینکه برای افزایش پهنای باند، یک لایه هوا بین زیرلایه‌های تغذیه و زیر لایه پچ قرار گرفت که می‌توان با پایه‌های پلاستیکی، لایه‌ها را نسبت به هم ثابت نگه داشت و یا به جای هوا از فوم‌های رایج که دارای ثابت دی‌الکتریک نزدیک به یک هستند استفاده کرد. که ارتفاع اولیه لایه هوا 26mm بوده و در نهایت با بهینه سازی ارتفاع آن 17mm قرار داده شد. نمای جانبی زیرلایه‌ها، همراه با جنس و ارتفاع آن‌ها در شکل ۱(د) نشان داده شده است. به منظور دستیابی به تشعشع دو پلاریزه، از تکنیک تغذیه دولایه استفاده کرده و دو شبکه تغذیه در دو طرف مقابل صفحه زمین و روی این دولایه در جهت عمود بر هم قرار می‌گیرند. برای باقی ماندن هرچه بیشتر تقارن سعی می‌شود که دو شبکه تغذیه یکسان باشند. هر شبکه تغذیه برای تحریک یکی از بازوهای شکاف صلیبی بکار می‌رود. هر شبکه بصورت یک خط تغذیه مایکرواستریپی ۵۰ اهمی است که قبل از رسیدن به شکاف صلیبی شکل به دو شاخه ۱۰۰ اهم تقسیم می‌شود تا با خط موازی شکاف صلیبی تداخل نداشته باشد. دو شاخه بطور متقارن قرار می‌گیرند تا تولید قطبش متقاطع نکنند. فاصله آن‌ها نیز بایستی به اندازه کافی دور از بخش موازی شکاف صلیبی باشد تا کوپلینگ قابل توجهی داشته باشد. از آن‌جا که زیرلایه‌های هر دو تغذیه یکسان هستند، (h=1.6mm و ε_r =4.4) پس ضخامت خطوط هر دو شبکه تغذیه یکسان است. در اینجا برای هر پورت تغذیه از یک روزنه مستطیلی روی صفحه زمین استفاده می‌شود تا انرژی را از خط تغذیه به پچ کوپل کرده و اندازه آن نیز برای افزایش پهنای باند نسبتا بزرگ باشد تا به یک روزنه رزونانسی تبدیل شود. این دو روزنه مستطیلی برای دو پورت تغذیه، به صورت عمود بر هم قرار می‌گیرند تا بتوان دو پلاریزاسیون خطی عمود بر هم داشت. بنابراین با عمود قرار گرفتن دو روزنه مستطیلی بطور متقارن، یک شکاف صلیبی روی صفحه زمین ایجاد می‌شود و از آنجا که تقارن یک مسئله مهم در طراحی آنتن‌های دو پلاریزه به منظور دستیابی به ایزولاسیون بالا بین دو پورت است، بنابراین شکاف صلیبی با بازوهای برابر در مرکز صفحه زمین و زیر مرکز پچ قرار می‌گیرد. البته باید توجه داشت که بطور کلی آنتن‌هایی که از تغذیه کوپلینگ روزنه‌ای استفاده می‌کنند، اندازه F/B کمتری نسبت به سایر انواع تغذیه دارند



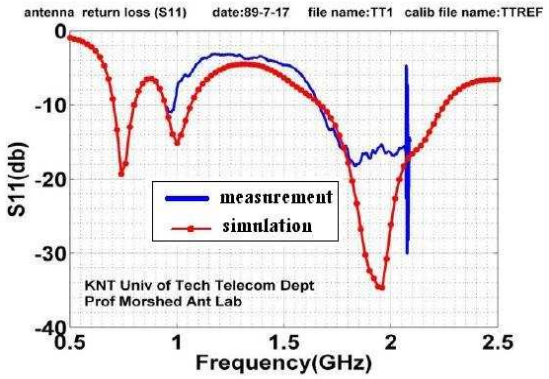
شکل (۱): پیکربندی آنتن و تصویر آنتن ساخته شده (الف) شکل پچ (ب) روزنه‌های کوپلینگ روی صفحه زمین (ج) شبکه‌های تغذیه مایکرواستریپ دوطرف صفحه زمین(د) نمای جانبی زیرلایه‌ها

Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers Vol10- No.1 Spring & Summer 2013
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]

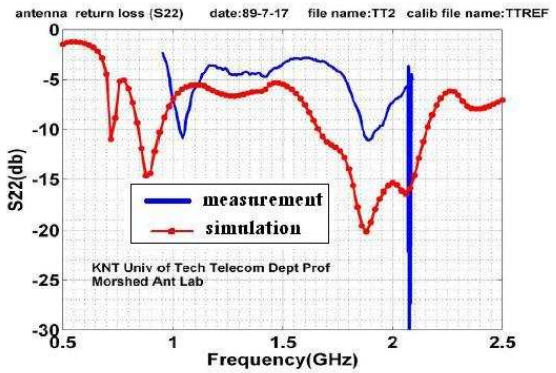
در اینجا نیز، استفاده از این روزنه‌ها با ابعاد بزرگ می‌تواند به کاهش هرچه بیشتر اندازه F/B منجر شود که با قرای دادن صفحه زمین در پشت آنتن آن را کاهش داد.

۳- بحث

ساختار طراحی شده در محیط نرم افزاری HFSS پیاده سازی شد و بعد از بهینه‌سازی ابعاد، نتایج طبق شکل‌های زیر به دست آمدند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری برای افت بازگشتی آنتن در هر دو پورت در شکل (۲) نشان داده شده اند. همانطور که مشاهده می‌شود هر سه باند فرکانسی(900MHz) GSM، (1800MHz) DCS، و(2100MHz) UMTS با پهنای باند لازم پوشش داده می‌شوند. پهنای باند امپدانسی بدست آمده بر اساس تعریف VSWR< 2 ، برای پورت ۱، برای باند GSM، 145 MHz یا 14.6%. و برای باندهای DCS و UMTS، 620 MHz یا 32.6% و برای پورت ۲ و باند GSM، 125 MHz یا 14.1% و باندهای DCS و UMTS، 480 MHz یا 24.7% است.



(الف)

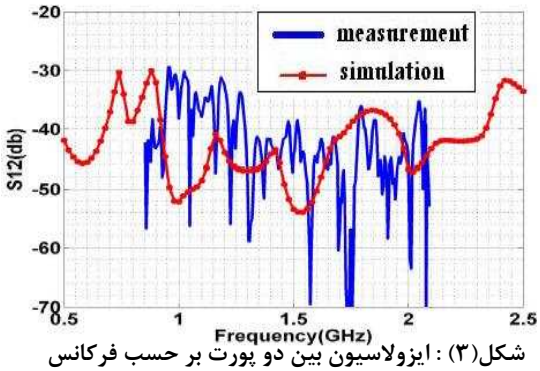


(ب)

شکل(۲): تلف بازگشتی بر حسب فرکاس (الف) پورت۱(ب) پورت ۲

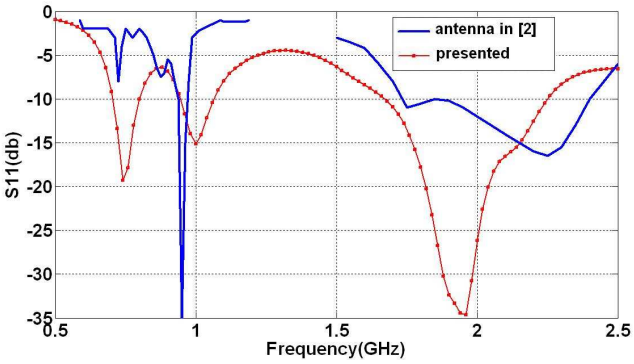
L_p=115mm, W_P=190mm, L_{n1}=25mm, W_{n1}=110mm, L_{n2}=15mm, W_{n2}=45mm, L_s=10mm, W_s=8mm, L_g=290mm,W_g=220mm, L_{ap}=100mm,W_{ap}=10mm, L_1=45mm, L_2=40mm, W_1=3.06mm, W_2=0.7mm, L_{s1}=75mm, L_{S2}=115mm, L_h=30.24mm, L=5mm, h=17mm

نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری برای ایزولاسیون بین دو پورت نیز در شکل (۳) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ایزولاسیون بین دو پورت در هر سه باند کمتر از 40 dB- بوده که استاندارد لازم را برآورده کرده و ایزولاسیون کامل دو پورت از یکدیگر را تایید می‌کند..



شکل(۳) : ایزولاسیون بین دو پورت بر حسب فرکانس

شکل (۴) نیز یک مقایسه را بین تلف بازگشتی آنتن ارائه شده و آنتن [۲] نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود آنتن ارائه شده در این مقاله، علاوه بر داشتن دو پورت تغذیه کمتر، تلف بازگشتی به مراتب بهتری نسبت به آنتن [۲] دارد.



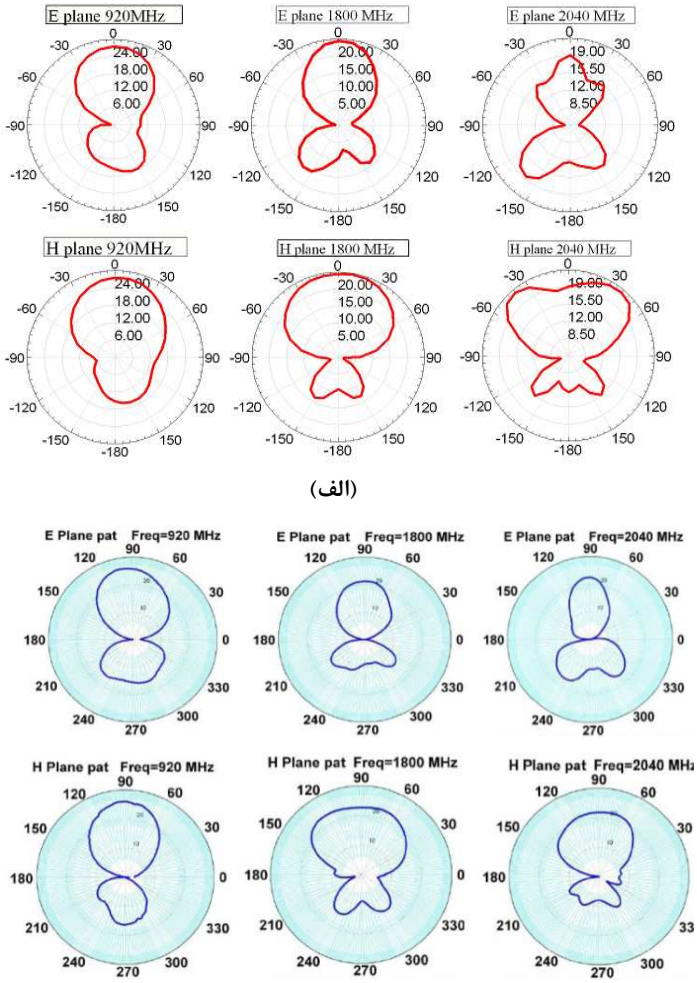
شکل(۴): مقایسه بین تلف بازگشتی آنتن ارائه شده و آنتن [2]

نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری پترن تشعشعی دو بعدی تک المان در فرکانس‌های مرکزی هر سه باند یعنی 920 MHz ، 1800MHz ، و 2045MHz ، در هر دو صفحه E (φ=0°) و H (90 °=φ)، به ترتیب در شکل‌های (۳-۱۰)، (۳-۱۱) و (۳-۱۲) نشان داده شده‌اند. که پترن‌ها در صفحه E دارای پهنای بیم نصف توان 63 °، 85° و 64° در صفحه H دارای پهنای بیم نصف توان 56° ، 44° و 32° ، به ترتیب در فرکانس‌های مرکزی سه باند هستند. یک دلیل اصلی اختلاف بین مقادیر شبیه سازی و اندازه گیری استفاده از زیرلایه FR4 است . تلفات این ماده در فرکانس های بالا زیاد بوده و ثابت دی الکتریک آن خیلی ناپایدار است. نابراین در عمل اختلاف نسبتا زیادی با شبیه سازی ایجاد می شود. که با توجه به اینکه نتایج ساخت نیز ویژگی های اصلی موردنظر را تا حد قابل قبولی برآورده می‌کنند، می توان از اختلاف موجود چشم پوشی نمود.

کارایی آنتن برحسب فرکانس در شکل (۶) رسم شده و شکل (۷) نیز تغییرات گین آنتن تک المان برحسب فرکانس را در دو باند بالا و پایین نشان می‌دهد. ماکزیمم گین در باند پایین برابر 11.8dBi و ماکزیمم گین در باند بالا 6.9dBi هستند. همانطور که مشاهده

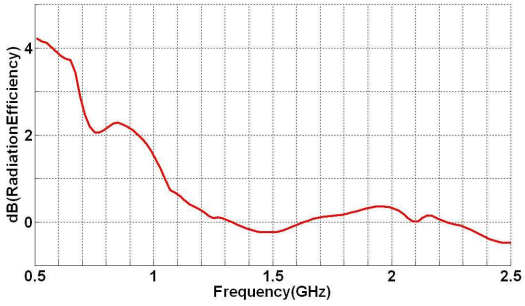
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]

می‌شود تک المان طراحی شده گین بالایی مخصوصا در باند پایین دارد که آن را برای ایستگاه پایه مناسب می‌سازد. توزیع جریان سطحی روی پچ در شکل (۸) نشان می‌دهد که طول پچ برش خورده یعنی L_D، فاکتور اصلی برای تعیین رزونانس پایین است و توزیع جریان در 1850MHz و 2080MHz نیز بیان می‌کنند که رزونانس متقابل بین روزنه روی زمین و پچ برش خورده، فاکتور اصلی برای پهن کردن پهنای باند در فرکانس رزونانس بالاست. یعنی فرکانس کاری پایین با تغییر ابعاد برش روی طول پچ L_D (یعنی W_{n1} و L_{n1})، و رزونانس بالا با تغییر ابعاد برش روی عرض پچ W_D (یعنی W_{n2} و L_{n2})، کنترل می‌شود. ضمن اینکه اندازه روزنه و ارتفاع فوم کنترل کننده پهنای باند هستند.

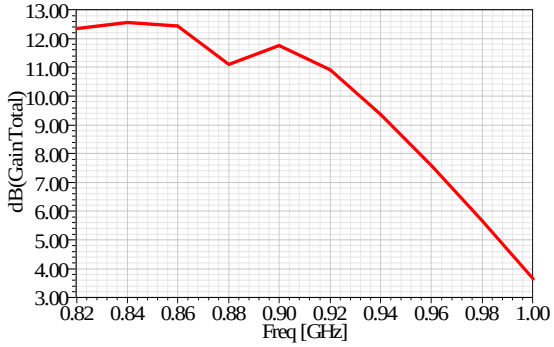


شکل(۵): پترن‌های تشعشعی صفحه E و H در فرکانس‌های920MHz، 1800MHz و 2040MHz (الف) شبیه‌سازی (ب) اندازه‌گیری

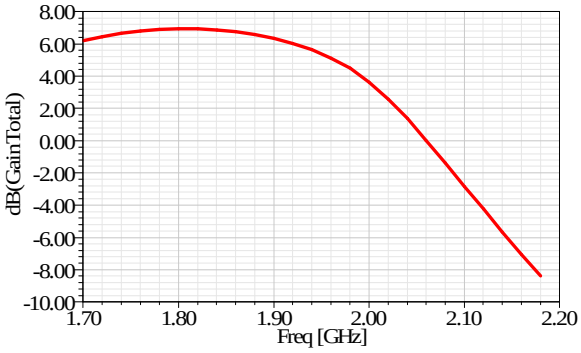
در این مقاله تک المانی طراحی شد که ضمن پوشش دادن سه باند فرکانسی GSM، DCS وUMTS، دارای پلاریزاسیون دوگانه خطی ۰و ۹۰ درجه بود.



شکل (۶): تغییرات بازده تک المان بر حسب تغییرات فرکانس

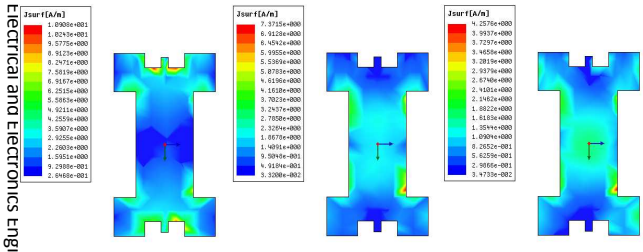


(الف)



(ب)

شکل (۷): تغییرات گین تک المان بر حسب تغییرات فرکانس (الف) باند پایین (ب) باند بالا



شکل (۸): توزیع جریان سطحی رو پچ (الف) 900MHz (ب) 1800MHz (ج) 2040MHz

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]

۴- نتیجه گیری

در این مقاله تک المانی طراحی شد که ضمن پوشش دادن سه باند فرکانسی DCS،GSM وUMTS، دارای پلاریزاسیون دوگانه خطی۰و ۹۰ درجه بود. برای این تک المان از دو تغذیه کوپلینگ شکافی در دو لایه مجزا و یک پچ تشعشعی مستطیلی با برش‌هایی در چهار لبه استفاده شد. از همان ابتدا، طراحی با در نظر گرفتن ملاحظات ساخت از نظر هزینه و سادگی صورت گرفت تا تک المان طراحی شده ضمن برآورده کردن ویژگی‌های تشعشعی مناسب و پهنای باند و ایزولاسیون لازم، قابلیت ساخت آسان و کم هزینه را نیز داشته باشد. بنابراین زیرلایه‌ها FR4($\varepsilon_r = 4.4$) و با ضخامت 1.6mm انتخاب شدند تا ضمن ارزان بودن و در دسترس بودن، ضخامت خطوط تغذیه نیز خیلی باریک نبوده و ساخت را مشکل نسازد. نتایج بدست آمده برای این تک المان از نظر پارامترهای مختلف آنتن در جدول (۱) خلاصه شده‌اند.

اولین مزیت کلی که می‌توان برای این آنتن مطرح کرد ارائه عملکرد سه بانده و دوپلاریزه، تنها با یک المان تشعشعی است که با بکارگیری بجای استقرار آنتن‌های هرسه باند به طور جداگانه، باعث صرفه جویی در هزینه و فضا می‌شود. ضمن اینکه داشتن دو پلاریزاسیون خطی عمود برهم، امکان استفاده از دایورسیتی پلاریزاسیون بجای دایورسیتی فضا در ایستگاه‌های پایه را فراهم کرده و این خود عامل مهمی در کاهش فضا و هزینه می‌باشد.

همچنین در مقایسه با کارهای مشابه انجام شده در این زمینه، ساختار فوق دارای ابعاد نسبتا کوچک، تعداد لایه‌های کم و ساختار ساده‌ای است که استفاده از زیر لایه FR4 به سادگی و هزینه کم ساخت و سبکی ساختار کمک بسیاری خواهد نمود. استفاده از فقط یک پورت تغذیه برای هر پلاریزاسیون در هر سه باند فرکانسی و در مجموع بکار گیری تنها دو پورت تغذیه نیز از دیگر مزایای این طرح نسبت به کارهای مشابه است.

مهمترین عیب این ساختار، تشعشع به پشت نسبتا زیاد است که همانطور که گفته شد در ساختارهای با کوپلینگ روزنه‌ای اجتناب ناپذیر است و بایستی با تکنیک‌های مختلفی آن را به حداقل رساند. در این آنتن نیز به علت استفاده از تغذیه کوپلینگ روزنه‌ای که به منظور دستیابی به پهنای باند بالا انتخاب شد، تشعشع رو به پشت در پترن‌ها قابل مشاهده است که استفاده از روزنه بزرگ رزونانسی میزان این تشعشع را بیشتر کرده است. ضمن این که باید توجه کرد که این تک المان به منظور قرارگیری در یک ترکیب آرایه‌ای طراحی شده است بنابراین شکل پترن‌ها را می‌توان به شکل مطلوب برای ایستگاه پایه رساند.

جدول(۱) : خلاصه نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی آنتن

		GSM900	DCS1800	UMTS2100
پهنای باند	پورت ۱	14.6%	32.6%	
	پورت ۲	14.1%	24.7%	
پهنای بیم نصف توان	افقی φ=0	63°	85°	64°
	عمودی φ =90	56°	44°	32°
گین		11.8dBi	7dBi	
ایزولاسیون بین دو پورت		≤ - 45dB	≤ - 43dB	≤ -35dB
پلاریزاسیون		0 & 90°	0 & 90°	0 & 90°
F/B		21.2	23.1dB	4.1dB
VSWR		≤ 2	≤ 2	≤ 2
ابعاد		22cm×29cm×21.4cm		

مراجع

[1] Z. N. Chen and K. M. Luk, Antennas For Base Stations in Wirelees Communications, McGrawHill, 2009.

[2] V. Deillon, J-F. Zu¨ rcher, and A. K. Skrivervik, "A Compact Dual-band Dual-Polarized Antenna Element for GSM/DCS/UMTS base stations," Microwave and Optical Technology. Lett., Vol.40, No.1, pp. 29-33, Jan 2004.

[3] A. A. Serra, P. Nepa, G.Manara, G. Tribellini and S. Cioci, "A Wide-Band Dual-Polarized Stacked Patch Antenna," IEEE Trans and Wireless Propagation Letters, Vol.6, pp.141-143, 2007.

[4] A. K. Singh, and M. k. Meshram, "Slot-Loaded Shorted Patch for Dual-Band Operation," Microwave and Optical Technology Letters,Vol.50,No.4, pp.1010-1017, April 2008.

[5] V. Voipio, "Dual Band Dual Polarized Basestation Antenna FDTD Design Study," IEEE Antennas and Propagation International Symposium, pp.2337-2340, June 2007.

[6] N. Amiri , K. Forooraghi, "Dual-band and dual-polarized microstrip array antenna for GSM900/DCS1800 MHz base stations," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2006.

[7] K. Oh, B. Kim and J. Choi,"Design of dual and wideband apertur stacked patch antenna with double-sided notches," Electronic Lett., Vol.40, No.11, May 2004.

[8] T.W.Chiou and K.L.Wong, "A compact dual-band dual-polarized patch antenna for 900/1800-MHz cellular systems," IEEE Trans. Antennas Propagate., Vol.51, No.8, PP.1936-1940, August 2003.

[1] multipath fading
[2] polarization diversity
[3] Global System for Mobile Communication
[4] Digital Communication System
[5] Universal Mobile Telecommunication System

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-01-03]