

## آنتن دایورسیتی مسطح جدید پهن باند جهت استفاده در ارتباطات سیار

آزاده ایمانی<sup>۱</sup>، کارشناس ارشد برق- مخابرات، جواد نوری نیا<sup>۲</sup>، دانشیار، چنگیز قبادی<sup>۳</sup>، دانشیار  
 ۱- دانشکده علوم پایه- دانشگاه آزاد اسلامی - کرمانشاه- ایران- azadehimani1@yahoo.com  
 ۲- دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه ارومیه- ارومیه- ایران- j.nourinia@urmia.ac.ir  
 ۳- دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه ارومیه- ارومیه- ایران- ch.ghobadi@urmia.ac.ir

**چکیده:** در این مقاله یک آنتن چاپی جدید به صورت دایورسیتی پیشنهاد می‌شود که بر روی یک صفحه زمین به اندازه کارت حافظه کامپیوترهای شخصی (PCMCIA) قرار گرفته است. آنتن با استفاده از دو تک‌قطبی کاملاً متقارن و مشابه که با فاصله کمی از یکدیگر قرار گرفته‌اند به نحوی طراحی می‌شود که بتواند در باند فرکانسی  $5GHz$  عمل کرده و مقدار کوپلینگ متقابل کم، بهره کافی و در نهایت سرعت انتقال اطلاعات مناسبی را ارائه دهد. حوزه کاری آنتن، کاربردهای  $5/2GHz$  WLAN و  $5/8GHz$  و  $5/8GHz$  HYPERLAN و  $5GHz$  Wimax می‌باشد. مقدار کم کوپلینگ توسط ساختار بهینه شده صفحه زمین و اعمال شاخه‌های اضافه بین دو آنتن در پشت زیرپایه حاصل می‌شود. پترن‌های تشعشی اندازه‌گیری شده برای آنتن هنگام تحریک از هر طرف، رسم شده و مطابق انتظار تمام فضای آزاد را می‌پوشاند. عملکرد آنتن دایورسیتی با محاسبه پارامترهای مهم آن نظیر ضریب همبستگی و بهره موثر متوسط (MEG) ارزیابی می‌گردد تا کاربرد آن در دایورسیتی پترن ثابت شود.

**واژه‌های کلیدی:** آنتن تک‌قطبی، آنتن دایورسیتی، بهره موثر متوسط، ضریب همبستگی، کاربردهای WLAN.

## A Novel Wideband Microstrip Diversity Antenna for Mobile Communications

Azadeh Imani<sup>1</sup>, Javad Nourinia<sup>2</sup>, Changiz Ghobadi<sup>3</sup>

1-Islamic Azad University of Kermanshah, 2&3- Urmia University,

**Abstract:** In this paper a novel printed diversity antenna designed on a ground plane with size of PCMCIA card of a laptop, is proposed. The antenna by using two similar and symmetric monopoles is designed to operate in 5GHz band and present low mutual coupling, sufficient gain and finally suitable data transmit rate. The operation band includes 5.2GHz and 5.8GHz WLAN applications and 5.6GHz HYPERLAN and 5GHz Wimax. The low mutual coupling is achieved by using optimized structure of ground plane and additional branches two monopoles on the back of substrate. The radiation pattern for proposed antenna in resonance frequency is shown when exciting ever monopole and in general cover complimentary space region. The diversity performance is evaluated by calculating the envelope correlation coefficient and mean effective gain to prove that the proposed antenna can provide pattern diversity.

**Key words:** Monopole antenna, Diversity antenna, Mean effective gain, Correlation coefficient, WLAN applications.

تاریخ ارسال مقاله: ۸۹/۳/۲۴

تاریخ اصلاح مقاله: ۹۰/۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۴/۲۱

نام نویسنده‌ی مسئول: مهندس آزاده ایمانی

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران- کرمانشاه- خیابان کسری- انتهای شهرک متخصصین- دانشگاه آزاد اسلامی - دانشکده علوم پایه

## مقدمه

از جمله نیازهای روزافزون سیستم‌های ارتباطی سیار، افزایش ظرفیت ترمینال‌ها، کاهش تداخل چند مسیره و توانایی انتقال اطلاعات در فرکانس‌های بالاتر می‌باشد. همین نیازها بعضی محدودیت‌ها را روی آنتن‌های موجود برای دریافت و ارسال سیگنال‌های رادیویی تحمیل می‌کند. مثلاً تداخل چند مسیره در محیط ارتباطات سیار یک مسئله اساسی بوده و سبب محوشدگی بخشی از سیگنال در محیط انتشار می‌گردد [۱].

امواج مایکروویو در مسیر بین آنتن‌های فرستنده و گیرنده در ارتباطات خط دید مستقیم<sup>۱</sup> تحت تاثیر عوامل گوناگونی از جمله تغییرات ناشی از مسیرهای چندگانه قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه طول مسیرها و همچنین زاویه برخورد آن‌ها به آنتن متفاوت است، لذا دامنه و فاز امواج دریافتی یکسان نبوده و در اکثر مواقع به شدت یکدیگر را تضعیف می‌کنند. زیرا گیرنده در هر لحظه جمع برداری این امواج را دریافت می‌کند. در این حالت در گیرنده اگر سیگنال‌های دریافت شده از مقدار معینی ضعیف‌تر باشند دیگر گیرنده به علت نویزهای موجود قادر به دریافت و جداسازی آن‌ها نخواهد بود. این حالت را محوشدگی سیگنال می‌نامند. این پدیده که نتیجه دریافت چندین سیگنال متفاوت به دلیل انعکاس و پراش از موانع و در جهات گوناگون است، قدرت سیگنال دریافتی را به صورت اجتناب‌ناپذیری کاهش خواهد داد و بیشتر در فرکانس‌های بالا و حرکت سریع وسیله ارتباطی اتفاق می‌افتد [۲]. جبران محوشدگی تاحدی می‌تواند توسط افزایش توان انتقالی و بزرگ بودن اندازه آنتن جبران شود. اما جنبه اقتصادی این راه‌حل‌ها خصوصاً برای ترمینال‌های کوچک به صرفه نیست.

به منظور تامین نیازی همچون افزایش ظرفیت یک سیستم تک ورودی- تک خروجی، پهنای باند و توان انتقالی باید به میزان قابل توجهی افزایش یابد که این خود محدودیت‌های زیادی را تحمیل خواهد کرد. پیشرفت‌های اخیر در ارتباطات بی‌سیم نشان داده است که با استفاده از چند المان آنتن در هر دو طرف فرستنده و گیرنده اساساً افزایش ظرفیت در سیستم ارتباطی بدون نیاز به افزایش سطح توان و پهنای باند ارسالی ممکن می‌شود. چنین سیستمی با چند آنتن در هر دو انتهای لینک، سیستم چند ورودی - چند خروجی یا *MIMO* نامیده می‌شود که به چند المان آنتنی در هر طرف فرستنده و گیرنده

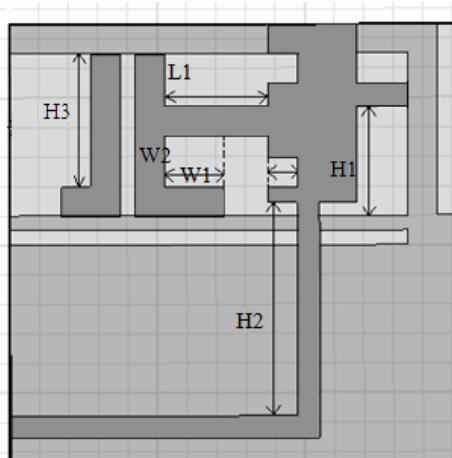
نیاز دارند.

اولین برخورد با دایورسیتی در آزمایشات با آنتن‌های دریافت‌کننده فضایی در فرکانس‌های بالا اتفاق افتاد. این نکته که تغییرات محوشدگی چندمسیره سیگنال دریافت شده در یک آنتن از تغییرات محوشدگی در آنتن دیگر با فرض وجود فاصله کافی بین آن‌ها مستقل است، به عنوان یک اصل پذیرفته شده بود. این اصل به آزمایشی منجر شد که در آن یک سوئیچ برای استخراج سیگنال خروجی از آنتن قوی- تر در زمان مشاهده استفاده می‌شود و در نتیجه تاثیر محوشدگی در مقایسه با سیگنال‌های رسیده از هر یک از آنتن‌ها به تنهایی کاهش می‌دهد [۳]. پس با استفاده از دایورسیتی گیرنده بیشتر از یک ورژن سیگنال ارسالی را در دسترس دارد تا هر ورژن از طریق یک کانال متفاوت دریافت شود. با این وصف دایورسیتی آنتن یک روش شناخته شده و مفید برای بهبود عملکرد سیستم‌های مخابراتی سیار و غلبه بر پدیده‌هایی نظیر محوشدگی چندمسیره و تداخل هم کانال است. اصل اساسی در استفاده از دایورسیتی این است که تغییرات محوشدگی سیگنال دریافت شده در یک آنتن با فرض وجود فاصله کافی بین دو آنتن، از تغییرات محوشدگی در آنتن دیگر مستقل می‌باشد و این بحث که هر دو سیگنال در یک زمان محو شده و افت برابر داشته باشند دارای احتمال اندک است [۲].

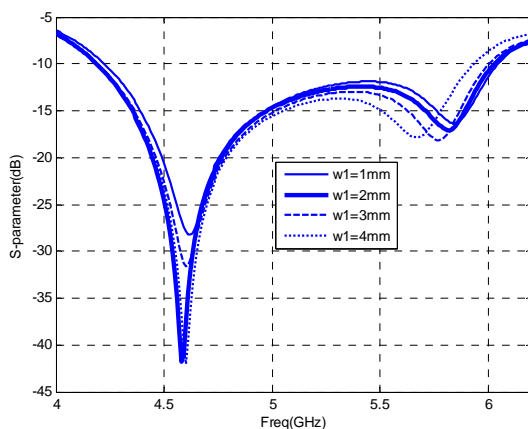
برای دریافت سیگنال‌های گوناگون از آنتن‌های موجود نیز روش‌های دایورسیتی متفاوتی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها دایورسیتی فاصله و دایورسیتی پترن است. در دایورسیتی فاصله باید آنتن‌ها در فاصله کافی از یکدیگر قرار بگیرند، به نحوی که تاخیر فاز سیگنال‌های چند مسیره رسیده به آن‌ها متفاوت بوده و همبستگی بسیار پایینی داشته باشند. اگر سیگنال‌های رسیده به آنتن‌ها از جهات متفاوتی آمده و ناهمبسته باشند، با شرط اینکه دو آنتن پترن تشعشعی متفاوتی داشته باشند، دایورسیتی پترن حاصل می‌شود [۲ و ۳]. در این مقاله به دلیل محدود بودن اندازه، آنتن جهت دایورسیتی پترن طراحی می‌شود. آنتن دایورسیتی پیشنهادی به صورت دوآنتنی مسطح و متقارن بوده و تاحد بسیار قابل قبولی مشخصات یک آنتن دایورسیتی مطلوب شامل همبستگی سیگنال پایین بین المان‌ها، بهره متوسط کافی، تطبیق امپدانس خوب و ایزولاسیون مناسبی را دارا می‌باشد.

به علاوه برای ترکیب سیگنال‌های دریافت شده توسط آنتن‌ها، روش- های ترکیب گوناگونی وجود دارد که ساده‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها ترکیب سوئیچی است که در آن زمانی که توان سیگنال دریافتی یک آنتن پیش فرض از یک آستانه خاص پایین‌تر باشد، به صورت آنی سوئیچ، آنتن دیگر را برای دریافت انتخاب می‌کند و در هر لحظه تنها

و مشابه E- شکل تشکیل شده که هر کدام یک دنباله L- شکل و یک بخش پاراسیتیکی دارند. شکل ۱ مهمترین پارامترهای آنتن طراحی شده که در تعیین مشخصات تشعشی آنتن تأثیر زیادی دارند، نشان می‌دهد. هریک از این پارامترها به ازای مقادیر مختلفی توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز HFSS V.11 آنالیز شده‌اند تا بهترین مقدار برای هر طول با ثابت نگه داشتن طول‌های دیگر، جهت رسیدن به فرکانس تشدید مورد نظر، پهنای باند کافی و ایزولاسیون بالا بین المان‌ها انتخاب شود. تغییرات تلفات بازگشتی  $S_{11}$  به ازای مقادیر مختلف عرض  $w1$  هر المان در شکل ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که افزایش این پارامتر سبب جابجایی فرکانس تشدید باند بالا به سمت فرکانس‌های بالاتر است.



شکل(۱): ابعاد مهم آنتن پیشنهادی که به صورت پارامتری تحلیل شدند.



شکل(۲): تغییرات  $S_{11}$  بر حسب فرکانس به ازای مقادیر مختلف  $w1$

اگر تغییرات تلفات بازگشتی و ایزولاسیون بین المان‌ها به ازای مقادیر مختلف  $w2$  نیز رسم شود دیده می‌شود که فرکانس تشدید بالا با افزایش  $w2$  کاهش یافته و بنابراین پهنای باند کاری آنتن کمتر میشود. مقدار مناسب انتخاب شده برای داشتن ایزولاسیون و پهنای باند کافی برای  $w2$  حدود  $4\text{mm}$  می‌باشد. به همین ترتیب با تغییر

یکی از آنتن‌ها دریافت کننده خواهد بود.

در بخش ۲ هندسه آنتن و پارامترهای مهم آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و برای عمل در طول موج‌های کوتاه و باند وسیع فرکانسی طراحی می‌شود. همچنین نتایج دقیق حاصل از شبیه‌سازی آنتن توسط نرم‌افزار HFSS V.11 و نتایج اندازه‌گیری ارائه می‌شود. بر اساس این داده‌های به دست آمده، پارامترهای برآورد عملکرد دایورسیتی نظیر ضریب همبستگی، بهره‌های موثر متوسط  $MEG_1$  و  $MEG_2$  و نسبت این بهره‌ها با توجه به روابط موجود، محاسبه می‌گردد. با ارزیابی این نتایج نشان داده می‌شود که این آنتن یک کاندیدای خوب برای سیستم دایورسیتی در کاربردهای WLAN می‌باشد.

## ساختار آنتن

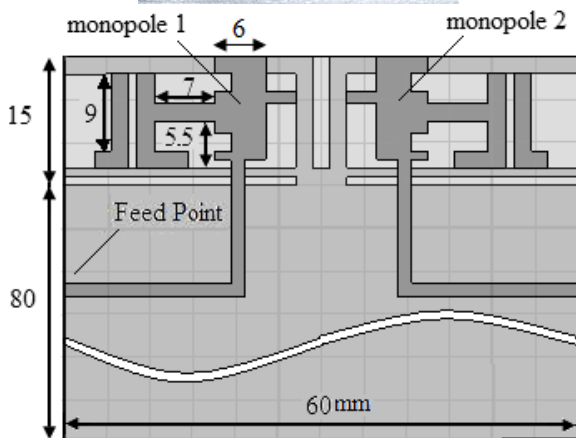
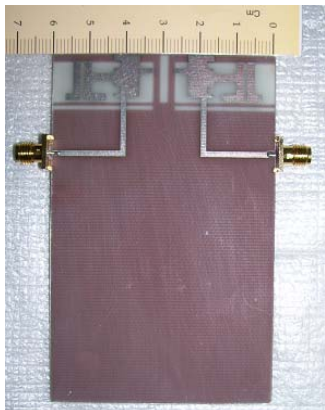
بر اساس آنچه که در مقدمه گفته شد، آنتن‌های دایورسیتی برای عمل در ادوات متحرک در ارتباطات سیار بسیار مناسب هستند زیرا در این موارد است که مشکل محوشدگی چندمسیره شایع بوده و نیاز به جبران دارد. یکی از ادواتی که در اکثر موارد برای آن آنتن دایورسیتی طراحی می‌شود کامپیوترهای شخصی یا لپ‌تاپ‌ها می‌باشد که آنتن به صورت کارت‌های آماده‌ای به نام PCMCIA برای آن تهیه می‌شود. ابعاد استاندارد موجود برای این کارت‌های حافظه جانبی  $95 \times 60\text{mm}^2$  است و بر پایه این استاندارد اندازه زیرلایه برای طرح پیشنهادی در این مقاله نیز به همین میزان در نظر گرفته شده است. از آنجا که لازم بود بعد از طراحی اولیه، آنتن پیشنهادی حتما ساخته شده و تست گردد نباید تهیه آن با مشکل مواجه می‌شد. بنابراین زیرلایه از نوع FR4 با ثابت دی‌الکتریک  $4/4$  و ارتفاع  $0.8\text{mm}$  انتخاب شد که در بین زیرلایه‌های موجود در ایران، از نوع کم قیمت با مشخصات تلفاتی بسیار قابل قبول برای کاربرد دایورسیتی می‌باشد.

اندازه صفحه زمین مستطیل شکل اصلی برای آنتن در پشت زیرلایه برابر با  $80 \times 60\text{mm}^2$  می‌باشد. هر تک‌قطبی مستقیماً توسط یک خط تغذیه میکرواستریپی  $50\Omega$  تغذیه شده و به همین دلیل عرض این خط با چنین زیرلایه‌ای با کمک روابط موجود در منبع [۴]  $1/5\text{mm}$  محاسبه می‌شود. از آنجا که در آنتن دایورسیتی عملکرد با افزایش کوپلینگ بین المان‌ها بدتر می‌شود، پارامتر  $R_2$  باید تا حد امکان حداقل شود. در اینجا برای تنظیم فرکانس تشدید و افزایش ایزولاسیون آنتن از ایده اضافه کردن شاخه‌های T- شکل و L- شکل معکوس به صفحه زمین که در مرجع [۵] معرفی شده و در اکثر طرح‌های مسطح استفاده می‌شود، استفاده شده است.

ساختار آنتن دایورسیتی پیشنهادی از دو آنتن تک‌قطبی کاملاً متقارن

تحریک شده و تشعشع می‌کند. دو فرکانس تشدید آنتن در  $4/8 \text{ GHz}$  و  $6 \text{ GHz}$  روی می‌دهد. اضافه کردن المان پاراسیتیکی  $L$ - شکل با طول حدود  $\lambda/4$ ، سبب ایجاد دومین فرکانس تشدید در  $6 \text{ GHz}$  شده که به همین دلیل پهنای باند بیشتری برای آنتن حاصل می‌گردد. اگر توزیع جریان روی آنتن را در فرکانس تشدید پایین و بالا بررسی کنیم مشاهده می‌شود که چه ابعادی از ساختار روی تعیین این فرکانس‌ها تاثیر دارند. طول مسیر جریان در اطراف دو شاخه آنتن برابر با  $\lambda/4$  فرکانس  $4/6 \text{ GHz}$  یعنی حدود  $16 \text{ mm}$  می‌باشد که این طول تأییدکننده تشدید در این فرکانس  $WLAN$  است.

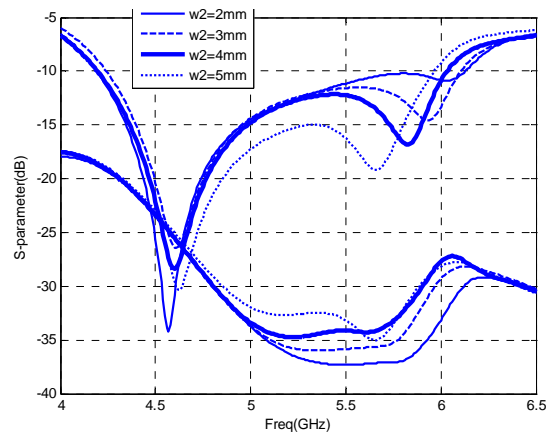
آنتن پیشنهادی که شبیه‌سازی شده و ساختار آن در شکل ۵ نشان داده شد، در باند فرکانسی  $6/75 \text{ GHz}$  -  $3/85 \text{ GHz}$  عمل می‌کند. پس می‌تواند فرکانس‌های  $WLAN$   $5/2 \text{ GHz}$  و  $5/8 \text{ GHz}$  و  $1$  و  $5/6 \text{ GHz}$   $HYPERLAN$  و  $5 \text{ GHz}$   $Wimax$  را پوشش دهد که همگی برای انتقال پر سرعت اطلاعات و امواج با طول کوتاه به کار می‌روند.



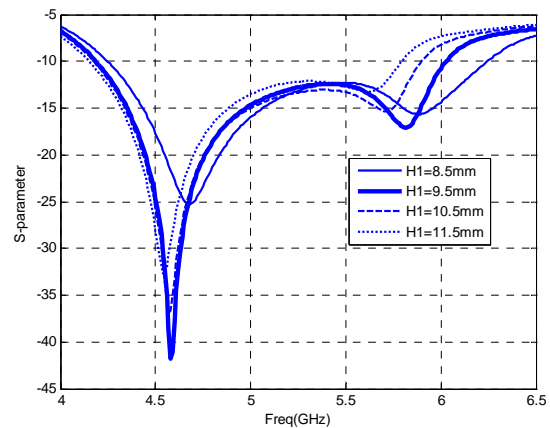
شکل (۵): ساختار نهایی آنتن پیشنهادی شبیه سازی شده و ساخته شده

شکل ۶ پارامترهای پراکندگی  $S_{11}$  و  $S_{21}$  ناشی از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری را برای آنتن طراحی شده تصویر می‌کند. از آنجا که در هر لحظه یکی از تک‌قطبی‌ها تحریک شده و دیگری به بار تطبیق متصل می‌-

پارامتر  $H1$  نیز فرکانس تشدید بالا و پایین هر دو تحت تاثیر قرار گرفته و کوچکتر می‌شوند. این پارامتر نیز برابر با  $9/5 \text{ mm}$  انتخاب شد. بقیه پارامترهای مهم ساختار نیز به همین ترتیب تحلیل شده و برای آن‌ها مقادیر مطلوب انتخاب شده است. این دو تحلیل به ترتیب در شکل های ۳ و ۴ آورده شده‌اند. با مقادیر انتخاب شده برای ابعاد آنتن و تک-قطبی‌ها نمونه اولیه ساخته شده و مورد تست قرار گرفت. شکل ۵ نمایی از آنتن ساخته شده و شبیه سازی شده در این بخش را نشان می‌دهد.



شکل (۳): تغییرات  $S_{11}$  و  $S_{21}$  بر حسب فرکانس به ازای مقادیر مختلف  $w2$



شکل (۴): تغییرات  $S_{11}$  بر حسب فرکانس به ازای مقادیر مختلف  $H1$

### ویژگی‌های طرح نهایی آنتن دایور سیتی

همان طور که در بخش قبل گفته شد، طراحی آنتن با استفاده از امکانات موجود در نرم‌افزار  $HFSS$  به صورت پارامتری و سپس انتخاب بهترین اندازه برای هر یک از پارامترها جهت رسیدن به فرکانس‌های تشدید مورد نظر، تلفات کم و بهره کافی انجام گرفت. مهمترین این پارامترها اندازه بریدگی‌های بخش  $E$ - شکل، فاصله دنباله  $L$ - شکل از بخش اصلی و طول المان پاراسیتیکی است که به دلیل ایجاد کوپلینگ

شده باشند، اثر دارد [۱]. همبستگی بین سیگنال‌ها در حوزه زاویه اندازه‌گیری شده و عددی بین صفر و یک خواهد بود و مقدار صفر به این معناست که استقلال کلی وجود دارد. با استفاده از پارامترهای پراکندگی آنتن می‌توان ضریب همبستگی پوش بین سیگنال‌های دریافتی از دو تک‌قطبی را بر اساس رابطه (۱) محاسبه کرد [۱]. تغییرات این پارامتر بر حسب فرکانس در شکل ۷ رسم شده است.

$$\rho_e = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{21}^* S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{12}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{21}|^2)} \quad (۱)$$

شرط ضروری دیگر برای دایورسیتی خوب این است که سطح توان همه شاخه‌های (آنتن‌ها) استفاده شده در سیستم دایورسیتی یکسان باشد. مقدار بهره موثر متوسط که از پارامترهای مهم آنتن دایورسیتی است از رابطه (۲) به دست می‌آید [۶]:

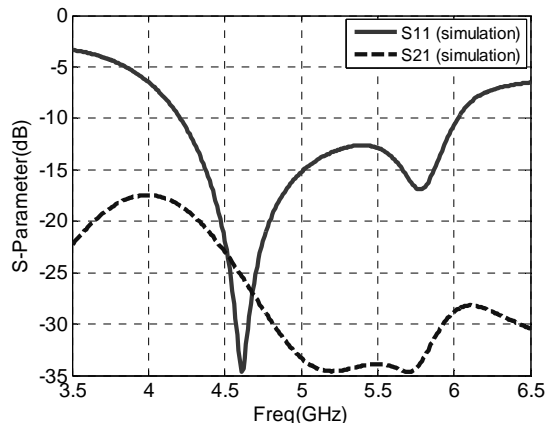
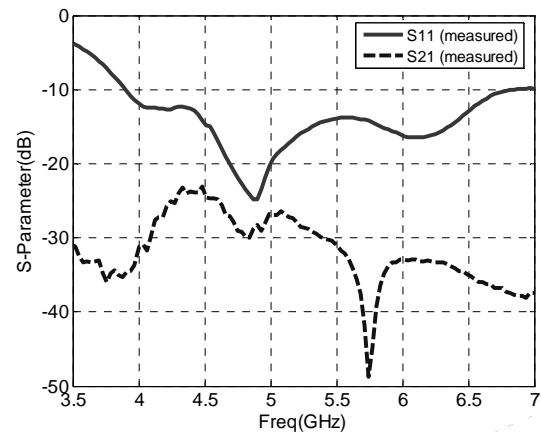
$$MEG = \oint \left( \frac{XPR}{1 + XPR} G_\theta(\Omega) P_\theta(\Omega) + \frac{1}{1 + XPR} G_\phi(\Omega) P_\phi(\Omega) \right) d\Omega \quad (۲)$$

در این رابطه  $G_\theta(\Omega)$  و  $G_\phi(\Omega)$  پترن‌های توان تشعشعی آنتن در جهات ارتفاع و سمت و  $P_\theta(\Omega)$  و  $P_\phi(\Omega)$  طیف توان امواج برخوردی به تک‌قطبی‌ها می‌باشند.  $XPR$  نیز مشخصه قطبی‌شدگی متقاطع است. اگر محیط انتشار را یکنواخت فرض کنیم، خواهیم داشت [۷]:

$$XPR = 1 \quad \text{و} \quad P_\phi(\Omega) = P_\theta(\Omega) = \frac{1}{4\pi}$$

با این فرض، مقادیر مورد نظر برای ارزیابی عملکرد دایورسیتی به راحتی محاسبه می‌شوند. بنابراین  $MEG$  یک ضریب شایستگی برای برآورد عملکرد متوسط هر آنتن در یک ترمینال سیار است که با استفاده از امواج رادیویی برخوردی در محیط چند مسیره و پترن بهره آنتن محاسبه می‌شود. این پارامتر مشخص می‌کند که تا چه حد ترمینال‌های آنتنی سیار در یک محیط چندمسیره تحت تأثیر هستند. جدول ۱ ضریب همبستگی پوش، بهره موثر متوسط و نسبت بهره‌ها را که برای محیط انتشار یکنواخت و فرکانس‌های حساس محاسبه شده‌اند، نشان می‌دهد. ضریب برای تأمین بهره دایورسیتی کافی، ضریب همبستگی پوش سیستم باید کمتر از ۰/۵ باشد. همبستگی پایین‌تر بهره بالاتری را نتیجه خواهد داد. همبستگی پایین در عمل نا همبستگی بسیار بالا را بین سیگنال‌های دریافتی دو تک‌قطبی ثابت می‌کند که با بررسی مقادیر موجود در جدول ۱، این قضیه برای

گردد و ساختار پیشنهادی نیز مقارن بوده و نتایج تحریک هر کدام با دیگری تفاوت ندارد، نتایج برای پارامترهای پراکندگی برای اختصار، تنها برای تحریک تک‌قطبی ۱ (سمت چپ) آورده شده است. از پارامترهای اندازه‌گیری شده پهنای باند امپدانس برای  $S_{11} < -10\text{ dB}$  حدود  $2/9\text{ GHz}$  بوده و برای همین آنتن پهن باند نامیده می‌شود. مقدار پارامتر ایزولاسیون  $S_{21}$  در تمام باند کمتر از  $23/5\text{ dB}$  است.



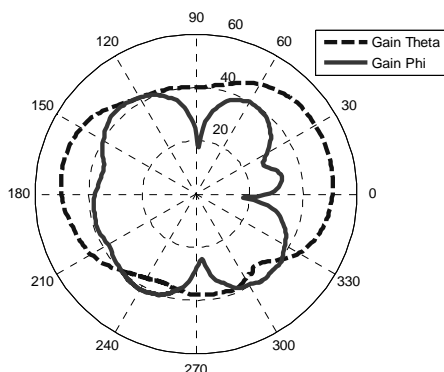
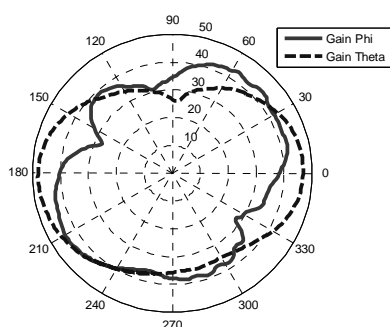
شکل (۶): پارامترهای پراکندگی به دست آمده از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری برای آنتن پیشنهادی

### بررسی عملکرد دایورسیتی برای طرح پیشنهادی

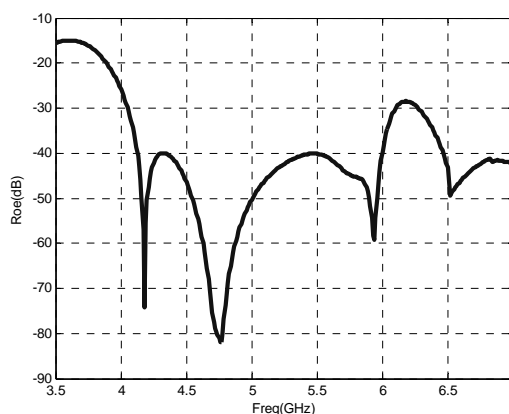
همچنان که در مقدمه ذکر شد دو پارامتر مهم برای برآورد عملکرد دایورسیتی ضریب همبستگی و بهره موثر متوسط می‌باشد. برای یک سیستم دایورسیتی لازم است که سیگنال‌های محوشده که به شاخه‌ها می‌رسند از یکدیگر مستقل باشند. این استقلال در ترم‌های همبستگی خیلی پایین دیده می‌شود که در حالت ایده‌آل باید ضریب همبستگی برابر با صفر باشد. اما در عمل سیگنال‌های محوشده کاملاً مستقل نیستند و این عدم استقلال کامل تاحدی روی بهره دایورسیتی و احتمال اینکه  $SNR$  سیگنال‌های ترکیب شده بالاتر از یک آستانه داده

## نتیجه گیری

یک آنتن دایورسیتی با دو تک قطبی متقارن و مشابه به صورت مسطح برای غلبه بر محوشدگی چند مسیره سیگنال دریافتی و عمل در فرکانس های WLAN پیشنهاد و بررسی شد. آنتن پیشنهادی به صورت ترکیبی از میکرواستریپ های E و L شکل و بخش پاراسیتیکی بوده و بر روی یک زیر لایه به اندازه کارت شبکه کامپیوترهای شخصی قرار گرفته است. این ساختار باند پهن، با دو فرکانس تشدید محدوده فرکانسی ۶/۷۵GHz - ۳/۸۵ GHz را برای  $S_{11} < -10\text{dB}$  می پوشاند. مشخصه ایزولاسیون بین دو تک قطبی با استفاده از پیاده سازی ساختاری مفید روی صفحه زمین بهبود می یابد و با این وجود نیازی به فاصله جداسازی زیاد بین دو تک قطبی وجود ندارد. با توجه به محدوده فرکانسی کاری، کاربردهای WLAN ۵/۲GHz و ۵/۸GHz و ۵/۶HYPERLAN و ۵ GHz Wimax برای آنتن متصور می باشد. به دلیل متقارن بودن پترن های تشعشی حاصل از تحریک هر یک از تک قطبی ها و مقادیر بسیار مناسب ضریب همبستگی و بهره های موثر متوسط، این آنتن جهت دایورسیتی پترن مناسب بوده و بنابراین ظرفیت غلبه بر محوشدگی چند مسیره را دارا می باشد.



ساختار پیشنهادی کاملاً ثابت می شود. همچنین نسبت بهره های  $MEG_1$  و  $MEG_2$  نیز بسیار به یک نزدیک است که یکسان بودن متوسط توان دریافتی توسط شاخه های دو تک قطبی را می رساند [۶ و ۸]. پترن های تشعشی به دست آمده در فرکانس تشدید ۴/۸ GHz در شکل ۸ نشان داده می شود. با مقایسه پترن های موجود در هر دو طرف شکل واضح است که تشعشع به صورت همه جهته بوده و هنگام تحریک هر یک از تک قطبی های ۱ و ۲ نسبت به دیگری متقارن می باشد. به دلیل محدودیت اندازه برای استفاده در ادوات سیار، آنتن جهت دایورسیتی پترن طراحی می شود. آنتن دایورسیتی پیشنهادی مانند طرح قبل به صورت دو آنتنی مسطح و متقارن بوده و تا حد بسیار قابل قبولی مشخصات یک آنتن دایورسیتی مطلوب شامل همبستگی سیگنال پایین بین المان ها، بهره متوسط کافی، تطبیق امپدانس خوب و ایزولاسیون مناسبی را دارا می باشد. بر اساس این اشکال و مشخصات دایورسیتی محاسبه شده، آنتن برای استفاده به صورت دایورسیتی پترن بسیار مناسب است.



شکل (۷): تغییرات ضریب همبستگی بر حسب فرکانس

جدول (۱): مقادیر محاسبه شده پارامترهای دایورسیتی برای آنتن پیشنهادی

در فرکانس های خاص

Freq(GHz)	4.8	5.2	5.6	5.8
$\epsilon * 10^{-5} \rho$	0.35	2.29	7.60	2.96
$\epsilon \text{ (dB)} \rho$	-55.75	-46.40	-41.19	-45.27
$MEG_1 \text{ (dB)}$	-3.88	-4.19	-4.30	-4.28
$MEG_2 \text{ (dB)}$	-4.15	-4.47	-4.52	-4.45
$MEG_1/MEG_2$	0.934	0.937	0.951	0.961

- [6] T. Taga, "Analysis for Mean Effective Gain of Mobile Antennas in Land Mobile Radio Environments", IEEE Trans. on Vehicular Technol. Vol. 39, No. 2, pp.117-131, 1990
- [7] M.P. Karaboikis, V.C. Papamichael, G.F. Tsachtsiris, C.F. Soras and V.T. Makios, "Integrating Compact Printed Antennas Onto Small Diversity/MIMO Terminals", IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 56, No. 7, 2008.
- [8] Y.S. Shin and S.O. Park, "Spatial Diversity Antenna for WLAN Application", Microw. Opt. Technol. Lett., Vol. 49, No. 6, pp. 1290-1294, 2007.

### سپاسگزاری

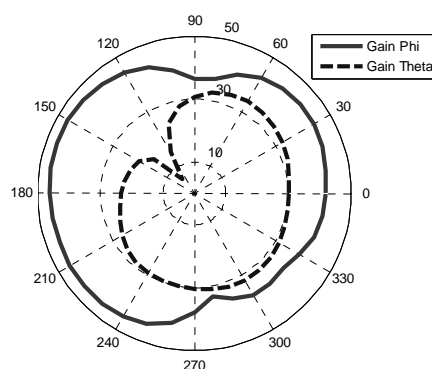
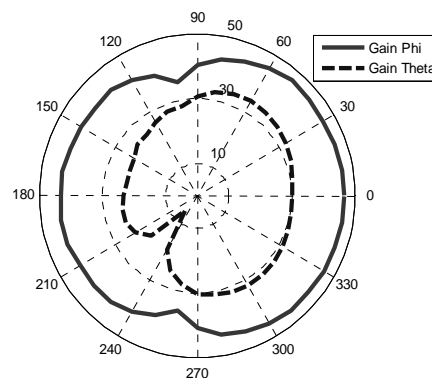
با تشکر از حمایت‌های مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران (ITRC) در

زمینه انجام تست آنتن ارائه شده در این مقاله.

### زیر نویس‌ها

<sup>1</sup>. Line of Sight, LOS

<sup>2</sup>. Multiple In



شکل ۸: پترن‌های تشعشعی اندازه‌گیری شده در فرکانس ۴/۸ GHz در صفحات مختصات به ترتیب از بالا: صفحه  $z$ - $y$  ناشی از تحریک تک‌قطبی ۱، صفحه  $z$ - $y$  ناشی از تحریک تک‌قطبی ۲، صفحه  $x$ - $y$  ناشی از تحریک تک‌قطبی ۱ و صفحه  $x$ - $y$  ناشی از تحریک تک‌قطبی ۲

### مراجع

- [1] R.G. Vaughan and J.B. Andersen, "Antenna Diversity in Mobile Communications", IEEE Trans. Vehicular Technol. Vol. 36, No. 4, pp. 149-172, 1987.
- [2] R.R. Ramirez, "Analysis and Design of Microstrip Diversity Antenna with Applications to Mobile Portable Devices", Dissertation in the University of California, 2001.
- [3] C.C. Chiau, "Study of the Diversity Antenna Array for the MIMO Wireless Communication Systems", Thesis Submitted to the University of London, 2006.
- [4] R.E. Collin, "Antenna and Radiowave Propagation", McGraw-Hill, 1985.
- [5] Y. Ding, Z. Du, K. Gong and Z. Feng, "A novel dual-band printed diversity antenna for mobile terminals", IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol.55, No. 7, pp. 2088-2096, 2007.