

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23223871.1401.13.52.9.4>

Research Article

Dual-Polarized MED Antenna by Using Metallic Plates for Mobile Communication Applications

Farshad Ghaedi, *Ph.D. Student*, Jasem Jamali, *Assistant Professor*, Mehdi Taghizadeh, *Assistant Professor*

Department of Electrical Engineering, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
farshad.ghaedi@kau.ac.ir, j.jamali@kau.ac.ir, m.taghizadeh@kau.ac.ir

Abstract

A new design of a dual-polarized base-station antenna with a wideband, low profile and high performance is introduced in this work for the LTE700/GSM850/GSM900 applications. The proposed base-station antenna in this study is comprised of four single-polarized magneto-electric dipoles (MEDs) antenna are positioned with a square arrangement to produce $\pm 45^\circ$ slant polarization. Each antenna is involved with an electrical dipole, a Γ -shaped feed structure, a magnetical dipole, a metallic resonator, and a cylindrical-shaped reflector. Three metallic portions with a slit produce the electrical dipole. Adjusting the dimensions of these segments and resonator plate improve the antenna impedance bandwidth. Also, the cylindrical-shaped reflector increases the antenna gain and has a significant rule to stabilize the antenna radiation pattern. The measurements exhibit that this antenna achieves an expanded frequency bandwidth of 38.1% (686.2-1008.8 MHz) for $|S_{11}| < -15$ dB, realized peak gain of 11.45 dBi, low cross-polarization, and half-power beamwidths (HPBWs) of approximately 60.4° , 64.7° , and 66.8° at frequencies of 700 MHz, 850 MHz, and 900 MHz respectively. Results approve that the above-mentioned antenna is applicable for mobile cellular networks systems.

Keywords: base station applications, dual polarization, magneto-electric dipole antenna, wideband antenna

Received: 21 September 2021

Revised: 17 November 2021

Accepted: 2 December 2021

Corresponding Author: Dr. Jasem Jamali

Citation: F. Ghaedi, J. Jamali, M. Taghizadeh, "Dual-polarized MED antenna by using metallic plates for mobile communication applications", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 13, no. 52, pp. 121-131, March 2023 (in Persian).

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23223871.1401.13.52.9.4>

مقاله پژوهشی

آنتن دایپل مغناطیسی-الکتریکی با پلاریزاسیون دوگانه با استفاده از صفحات فلزی برای کاربردهای مخابراتی تلفن همراه

فرشاد قائدی، دانشجوی دکتری، جاسم جمالی، استادیار، مهدی تقی‌زاده، استادیار

دانشکده مهندسی برق- واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران
farshad.ghaedi@kau.ac.ir, j.jamali@kau.ac.ir, m.taghizadeh@kau.ac.ir

چکیده: در این مقاله، طراحی جدیدی از آنتن‌های ایستگاه پایه (BTS) با پلاریزاسیون دوگانه، پهنای باند وسیع، ساختار ساده و عملکرد بالا برای کاربردهای LTE700/GSM850/GSM900 معرفی شده است. آنتن BTS پیشنهادی در این مقاله شامل چهار دایپل مغناطیسی-الکتریکی (MED) است که با یک آرایش مربعی برای ایجاد پلاریزاسیون مورب $\pm 45^\circ$ درجه در کنار هم قرار گرفته‌اند. هر کدام از MEDها شامل یک ساختار تغذیه به شکل Γ ، یک دایپل مغناطیسی، یک دایپل الکتریکی، یک رزوناتور فلزی و یک بازتابنده استوانه‌ای شکل است. در این طراحی، دایپل الکتریکی، از سه قسمت فلزی به همراه یک شکاف تشکیل یافته است. تنظیم ابعاد این قطعات هادی و صفحه رزوناتور باعث افزایش پهنای باند امیدانسی آنتن می‌شود. همچنین، بازتابنده استوانه‌ای شکل، بهره آنتن را افزایش داده و نقش قابل توجهی در تثبیت پترن تشعشعی آنتن ایفا می‌کند. نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند که این آنتن دارای پهنای باند فرکانسی ۳۸/۱ درصد (۲/۸-۶۸۶/۱۰۰۸ مگاهرتز) با معیار |S11| کمتر از -۱۵ دسی‌بل، بیشینه بهره ۱۱/۴۵ دسی‌بل، سطح پلاریزاسیون متقاطع پایین و پهنای باند نیم توان (HPBW) تقریباً ۶۰/۴، ۶۴/۷ و ۶۶/۸ درجه به ترتیب در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰۰ و ۹۰۰ مگاهرتز است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که آنتن فوق برای سیستم‌های شبکه تلفن همراه می‌تواند قابل استفاده باشد.

کلمات کلیدی: آنتن پهن‌بند، آنتن دایپل مغناطیسی-الکتریکی، پلاریزاسیون دوگانه، کاربردهای ایستگاه پایه موبایل

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰

تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۱۱

نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر جاسم جمالی

نشانی نویسنده‌ی مسئول: کازرون-دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون-دانشکده فنی مهندسی برق-گروه برق

۱- مقدمه

امروزه به دلیل افزایش روز افزون تعداد دستگاه‌ها و مشترکین بی‌سیم، یکی از مهمترین مسائلی که باید مورد توجه قرار گیرد ظرفیت کانال مخابراتی می‌باشد. بنابراین، طراحی و بکارگیری آنتن‌هایی با پهنای باند وسیع‌تر برای پوشش سیستم‌های مخابراتی مدرن، مانند LTE 700، GSM850 و GSM900 بسیار مورد نیاز است. پهنای باند عملیاتی سیستم‌های LTE700 از فرکانس ۶۹۸ تا ۹۶۰ مگاهرتز تعریف شده است [۱،۲]. علاوه بر این، در کاربردهای ایستگاه پایه که از آنتن‌هایی با پلاریزاسیون دوگانه استفاده می‌شود، کوپلینگ متقابل بین پورت‌ها، بهره، پترن تشعشعی و پهنای باند نصف توان^۱ (HPBW) از جمله پارامترهای مهم آنتن هستند که مورد توجه قرار می‌گیرند. بنابراین، علاوه بر کاهش کوپلینگ متقابل، داشتن یک باند فرکانسی وسیع و پترن تشعشعی پایدار به‌طور همزمان، هدفی است که طراحان آنتن و سیستم‌های مخابراتی آن را دنبال می‌کنند. امروزه استفاده از پلاریزاسیون مورب^۲ $\pm 45^\circ$ درجه، به‌عنوان تکنیک چندگانگی پلاریزاسیون، به‌طور وسیعی در طراحی آنتن‌های ایستگاه پایه^۳ (BTS) مشاهده می‌شود [۱۰-۳]. هر چند در اکثر این طراحی‌ها باند فرکانسی LTE 700 پوشش داده نشده است. اما در طراحی ارائه شده در مرجع [۱۱] باند فرکانسی ۶۹۸ تا ۹۶۰ مگاهرتز به‌صورت کامل پوشش داده شده است. با توجه به گسترش سریع سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم، تامین نیازهای سیستم‌های LTE موجود و همچنین نیازهای سیستم‌های نسل آینده، تقاضا برای سیستم‌های نوین LTE افزایش یافته است. از سوی دیگر، باند فرکانسی پایین، تراکم کمتری از ایستگاه‌های پایه را ایجاد می‌کند، در حالی که می‌تواند نفوذ مناسبی از امواج را در ساختمان ایجاد نماید. در مرجع [۱۱] یک آنتن پهن‌بند با پلاریزاسیون دوگانه برای کاربردهای شبکه‌های تلفن همراه ارائه شده است، که دارای پهنای باند امیدداری ۶۹۸ تا ۹۶۰ مگاهرتز با پهنای باند نصف توان ۹۰ درجه برای فرکانس‌های LTE 700/800/900MHz است. همچنین، یک ساختار دایپل مغناطیسی-الکتریکی^۴ (MED) با پلاریزاسیون دوگانه برای سیستم‌های 2G/3G و LTE در باند فرکانسی ۱/۷-۲/۷ گیگاهرتز برای کاربردهای ایستگاه‌های پایه موبایل در مرجع [۱۲] مورد بررسی قرار گرفته است. در این طراحی دو جفت آنتن MED تک پلاریزاسیون در کنار یکدیگر قرار داده شده‌اند تا پلاریزاسیون مورب $\pm 45^\circ$ درجه را ایجاد نمایند. در سال‌های اخیر، طراحی‌های جدیدی از آنتن‌های MED ارائه شده که علاوه بر کاربرد های BTS در استانداردهای مختلف دیگری مانند UWB نیز به کار می‌روند [۱۶-۱۳]. همواره دو روش مختلف برای طراحی و ساخت آنتن‌ها پیشنهاد می‌شود. یک روش استفاده از زیرلایه‌های عایق [۱۷،۱۸]، و روش دیگر استفاده از صفحات هادی است.

در این مقاله، یک آنتن MED با ساختار ساده و با استفاده از صفحات هادی، بهره بالا، پهنای باند وسیع و پلاریزاسیون دوگانه برای کاربردهای شبکه‌های تلفن همراه معرفی و بررسی شده است. ابعاد کلی آنتن پیشنهادی (λ_0^3) $0.29 \times 0.73 \times 0.73$ است که طول موج فرکانس مرکزی آنتن است. محدوده فرکانسی وسیع و عملکرد تشعشعی مناسب آنتن طراحی شده در این مقاله، باعث شده است که این آنتن، گزینه مناسبی برای سیستم‌های LTE700/GSM850/GSM900 باشد. ساختار مقاله به این شرح است. پس از بیان مسئله و اهمیت موضوع در قسمت اول، طراحی و پیکربندی آنتن تک المانه پیشنهادی در قسمت دوم بیان می‌شود. در ادامه، نتایج آنتن تک المانه پیشنهادی در قسمت سوم مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین طراحی و پیکربندی آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه و نتایج آن در قسمت‌های چهارم و پنجم مقاله بحث می‌شود. در نهایت، نتیجه‌گیری مقاله در قسمت هفتم ارائه می‌گردد.

۲- طراحی و پیکربندی آنتن تک المانه پیشنهادی

ساختار آنتن تک المانه پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است. این آنتن اساساً از یک دایپل الکتریکی، یک دایپل مغناطیسی، یک ساختار تغذیه به شکل Γ ، یک روزناتور فلزی و یک بازتابنده استوانه‌ای شکل در زیر ساختار اصلی تشکیل شده است. همکاری ساختار تغذیه Γ شکل با بازوهای دایپل مغناطیسی مانند یک رابط متعادل به نامتعادل^۵ (BALUN) بین دایپل الکتریکی متعادل و خط کوآکسیال نامتعادل (به‌عنوان خط انتقال) عمل می‌کند. طول دایپل الکتریکی و فاصله آن از بازتابنده تقریباً برابر با ربع طول موج در فرکانس مرکزی آنتن در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، ساختار تغذیه این آنتن یک خط انتقال Γ شکل است که از سه بخش تشکیل شده است. نوار عمودی سمت راست، به همراه صفحه اتصال کوتاه شده عمودی مجاور آن،

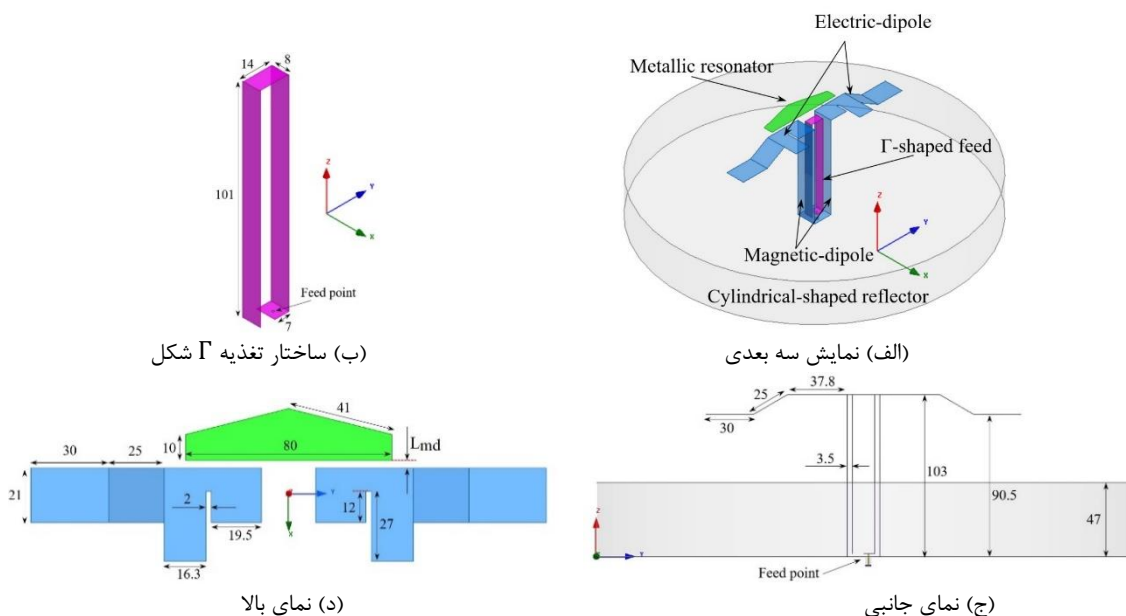
یک خط میکرواستریپ ۵۰ اهمی با زیر لایه هوا را ایجاد می‌کنند. قسمت افقی خط تغذیه که وظیفه تزویج میدان به دایپل‌ها را دارد، سیگنال ورودی را از کانکتور ورودی دریافت می‌کند. علاوه بر این، بخش سوم خط تغذیه (قسمت عمودی سمت چپ) به همراه صفحه اتصال کوتاه شده عمودی مجاور آن، یک خط نواری با انتهای باز را تولید می‌کنند.

۳- نتایج آنتن تک المانه پیشنهادی

همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، در پیکربندی آنتن تک المانه پیشنهادی، از یک رزوناتور فلزی در مجاورت دایپل الکتریکی استفاده شده است. در شکل (۲) نتایج شبیه‌سازی شده افت بازگشتی این آنتن در دو حالت بدون رزوناتور (حالت ساده) و با رزوناتور (حالت پیشنهادی) ارائه شده است.

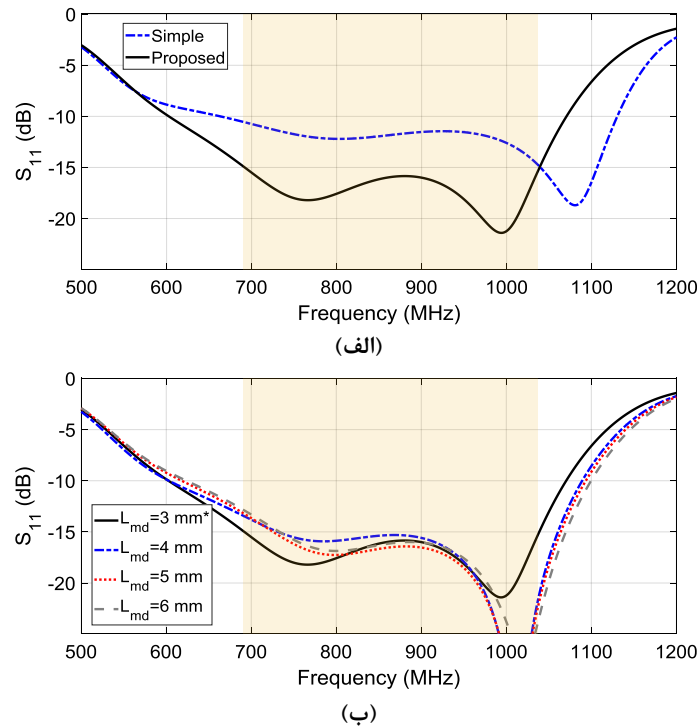
همچنین در شکل (۲)، نتیجه تحلیل پارامتریک بر روی فاصله رزوناتور فلزی از دایپل الکتریکی (Lmd) نمایش داده شده است. با توجه به این شکل، مشاهده می‌شود که با تنظیم دقیق این پارامتر، می‌توان باند فرکانسی آنتن را کنترل کرد. در این طراحی، جهت پوشش کامل سیستم‌های LTE700/GSM850/GSM900، مقدار این پارامتر برابر با ۳ میلی‌متر انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از رزوناتور فلزی منجر به تطبیق امپدانس بهتر با ایجاد رزونانس‌های قوی‌تر در باند فرکانسی آنتن می‌شود.

آنتن تک المانه پیشنهادی با استفاده از رزوناتور فلزی دارای پهنای باند امپدانس گسترده ۴۰/۱ درصد (۹/۶-۳۸/۱۰۳۸/۶۹۱ مگاهرتز) با معیار $|S_{11}|$ کوچکتر از -۱۵ دسی‌بل است، که می‌تواند به صورت کامل سیستم‌های LTE 700، GSM850 و GSM900 را پوشش دهد. توزیع جریان‌های سطحی بر روی صفحات آنتن در شکل (۳) در فرکانس‌های مختلف ترسیم شده است. با توجه به تجمع جریان‌های سطحی، مشاهده می‌شود که غالب جریان در اطراف رزوناتور فلزی و در فرکانس‌های پایین متمرکز شده‌اند. از سوی دیگر، در فرکانس‌های بالاتر جریان‌های سطحی در اطراف شکاف و صفحات دایپل الکتریکی تجمع می‌کنند.



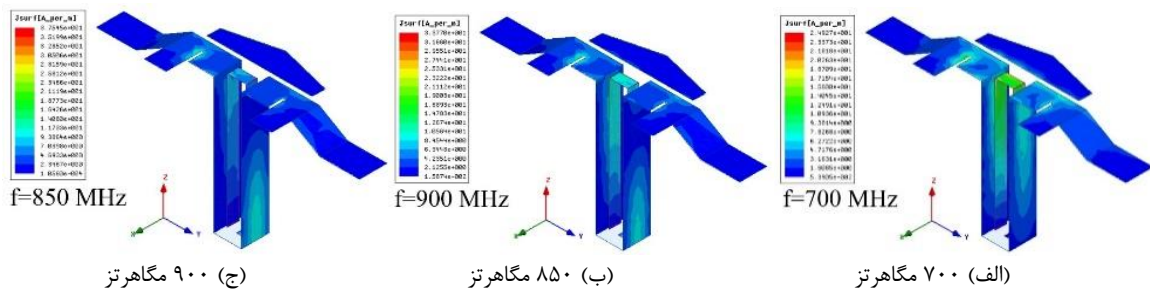
شکل (۱): ساختار آنتن تک المانه پیشنهادی

Figure (1): Proposed single-element antenna structure, (a) 3-D view, (b) Γ -shaped feed structure, (c) side view, and (d) top view



شکل (۲): نتایج شبیه‌سازی شده پارامترهای پراکندگی آنتن تک المانه پیشنهادی، (الف) افت بازگشتی در دو حالت با/بدون رزوناتور و (ب) تحلیل پارامتریک بر روی فاصله رزوناتور فلزی از دایپل الکتریکی (Lmd)

Figure (2): Simulated results of the scattering parameters of the proposed single-element antenna, (a) the return loss with/without resonator and (b) parametric study on the distance of the metallic resonator from the electric dipole (Lmd)

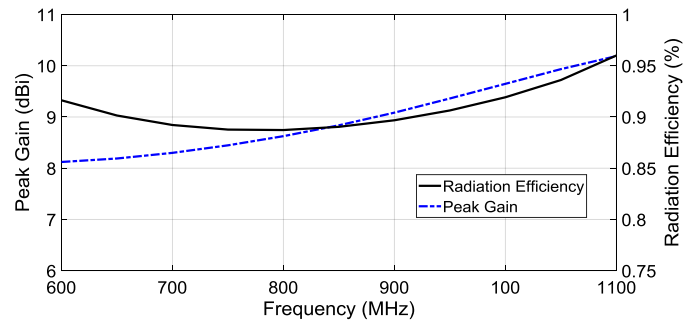


شکل (۳): توزیع جریان‌های سطحی بر روی آنتن تک المانه در فرکانس‌های مختلف

Figure (3): Surface current distribution on the single-element antenna at frequencies (a) 700 MHz, (b) 850 MHz, and (c) 900 MHz

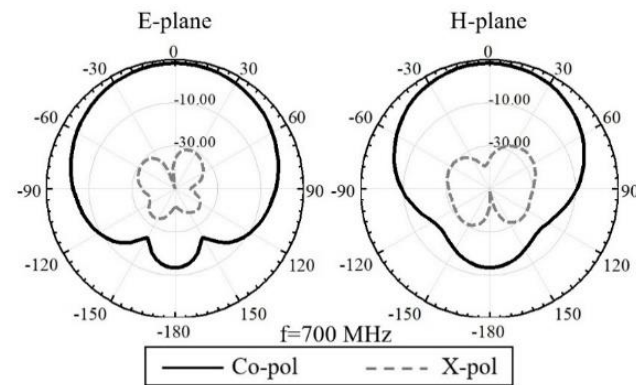
بهره و بازده تشعشی آنتن تک المانه در شکل (۴) بر روی باند فرکانسی آن ترسیم شده است. با توجه به این شکل، این آنتن به‌طور متوسط دارای به‌ترتیب بهره و بازده تقریبی ۹ دسی‌بل و ۹۱ درصد است. این مقادیر برای آنتن ایستگاه پایه با کاربردهای ارتباطی تلفن همراه بسیار عالی است. علاوه بر این، دستیابی به پترن تشعشی پایدار برای آنتن ایستگاه پایه یکی دیگر از چالش‌های بزرگ برای طراحان آنتن‌های ایستگاه پایه به حساب می‌آید.

پترن‌های تشعشی شبیه‌سازی شده آنتن تک المانه پیشنهادی در دو صفحه E-plane و H-plane در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز در شکل (۵) نمایش داده شده است. در این طراحی، با استفاده از یک بازتابنده استوانه‌ای شکل، تشعشع پایدار یک جهته در راستای محور Z برای آنتن به‌دست آمده است. در این شکل، پترن‌های تشعشی Co-pol و Cross-pol آنتن در این سه فرکانس رسم شده است، که حاکی از پایین بودن سطح پلاریزاسیون متقاطع آنتن است.

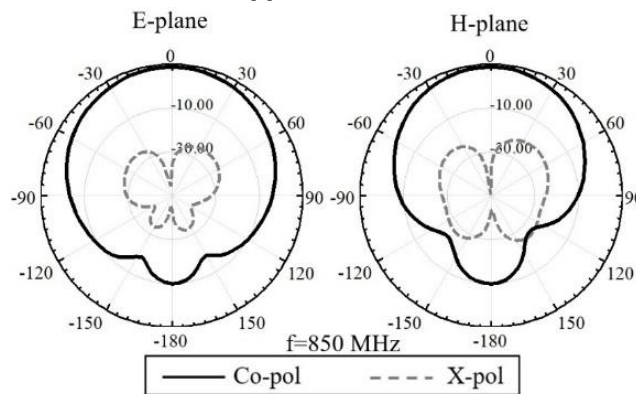


شکل (۴): نمودار بهره و بازده تشعشعی آنتن تک المانه

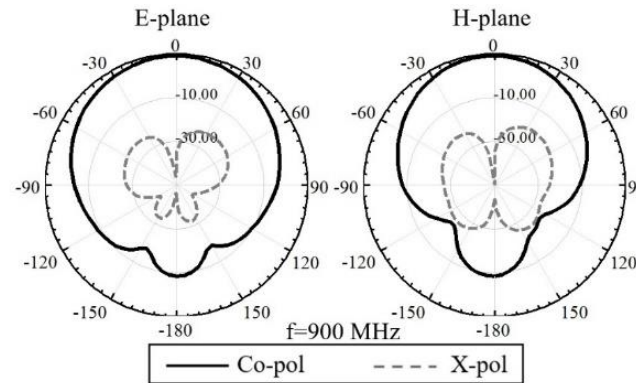
Figure (4): Diagram of gain and radiation efficiency of the single-element antenna



(الف) ۷۰۰ مگاهرتز



(ب) ۸۵۰ مگاهرتز



(ج) ۹۰۰ مگاهرتز

شکل (۵): پترن تشعشعی آنتن تک المانه در فرکانس‌های مختلف

Figure (5): Single-element antenna radiation pattern at frequencies (a) 700 MHz, (b) 850 MHz and (c) 900 MHz

همچنین پترن‌های تشعشی نرمالیزه شده آنتن تک المانه در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز در شکل (۶) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که آنتن دارای پهنای بیم نصف توان ۷۰ درجه، ۶۳/۲ درجه و ۶۰/۴ درجه به ترتیب در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز است. علاوه بر این، سطح پلاریزاسیون متقاطع پترن‌ها، در حدود ۲۸/۵ دسی‌بل کمتر از پلاریزاسیون مشترک آنها است.

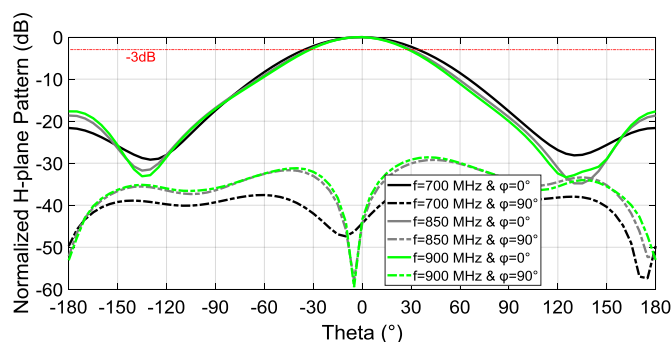
۴- طراحی و پیکربندی آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه

ساختار آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در شکل (۷) نمایش داده شده است. اساساً، آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه، شامل دو جفت آنتن MED تک المانه است که با یک آرایش مربعی در کنار هم قرار گرفته‌اند تا پلاریزاسیون مورب $\pm 45^\circ$ درجه را ایجاد نمایند. در واقع آنتن‌های شماره ۱ و ۲ به پورت ۱ متصل شده و پلاریزاسیون مورب -45° درجه را ایجاد می‌کنند و به‌طور مشابه آنتن‌های شماره ۳ و ۴ نیز که به پورت ۲ متصل هستند، پلاریزاسیون مورب $+45^\circ$ درجه را تولید می‌نمایند. امروزه به‌منظور دستیابی به درجه بالاتری از چندگانگی در گیرنده و تعادل بیشتر بین دو سیگنال دریافتی از دو آنتن فرستنده، طراحان آنتن، پلاریزاسیون مورب $\pm 45^\circ$ درجه را به پلاریزاسیون افقی/عمودی ترجیح می‌دهند. در ارتباطات بی‌سیم سلولی، به ویژه در محیط‌های شهری با تراکم بالا، استفاده از پلاریزاسیون مورب $\pm 45^\circ$ درجه نسبت به پلاریزاسیون افقی/عمودی دارای مزایایی است، از جمله، هنگامی که تعداد آنتن‌ها چهار یا کمتر باشد، پلاریزاسیون مورب امکان دستیابی به بالاترین ظرفیت کانال را فراهم می‌کند [۱۹]. مطابق شکل (۷)، آنتن‌ها به‌صورت موازی با فاصله ۲۴۰ میلی‌متر در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند. همه آنتن‌ها بر روی یک بازتابنده استوانه‌ای شکل به قطر ۲۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۴۷ میلی‌متر نصب شده‌اند. استفاده از بازتابنده استوانه‌ای شکل، تشعشع آنتن را به یک سمت هدایت کرده و آنرا پایدار می‌کند.

۵- نتایج آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه

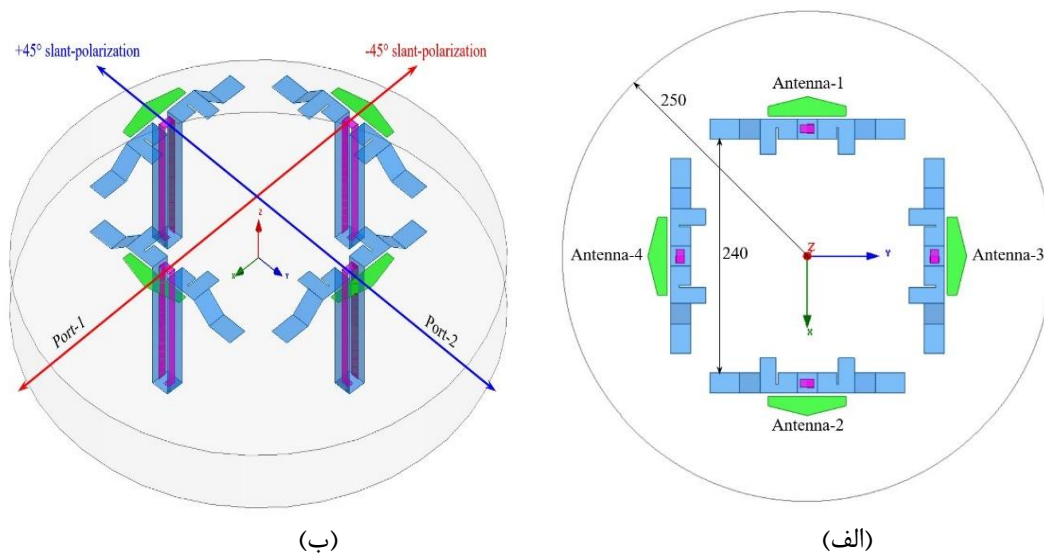
در شکل (۸) پارامترهای پراکندگی شبیه‌سازی شده و تست شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در دو پورت نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه دارای پهنای باند امیدانسی گسترده ۳۸/۱ درصد (۱۰۰۸/۸-۶۸۶/۲) مگاهرتز) با معیار $|S_{11}|$ کمتر از ۱۵- دسی‌بل در هر دو پورت است، که برای کاربردهای ایستگاه پایه مناسب است. همچنین، ایزولاسیون^۶ بین پورت‌ها در محدوده فرکانسی آنتن بیشتر از ۲۱ دسی‌بل است. همچنین، منحنی‌های بهره و بازده تشعشی آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه بر روی باند فرکانسی آن، در شکل (۹) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، آنتن پیشنهادی دارای بیشینه بهره اندازه‌گیری شده و بازده تشعشی به ترتیب ۱۱/۴۵ دسی‌بل و ۸۷/۹ درصد در هر دو پورت است.

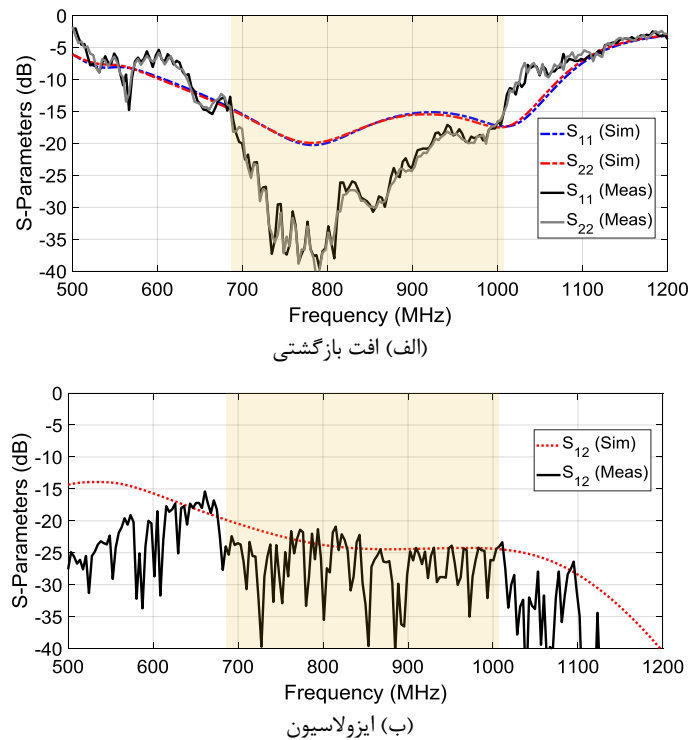


شکل (۶): پترن تشعشی نرمالیزه شده آنتن تک المانه در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز

Figure (6): Normalized radiation pattern of the single-element antenna at 700, 850 and 900 MHz frequencies



شکل (۷): ساختار آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه، (الف) نمای بالا و (ب) نمایش سه بعدی
 Figure (7): Proposed antenna structure with dual-polarization, (a) top view, and (b) 3-D display

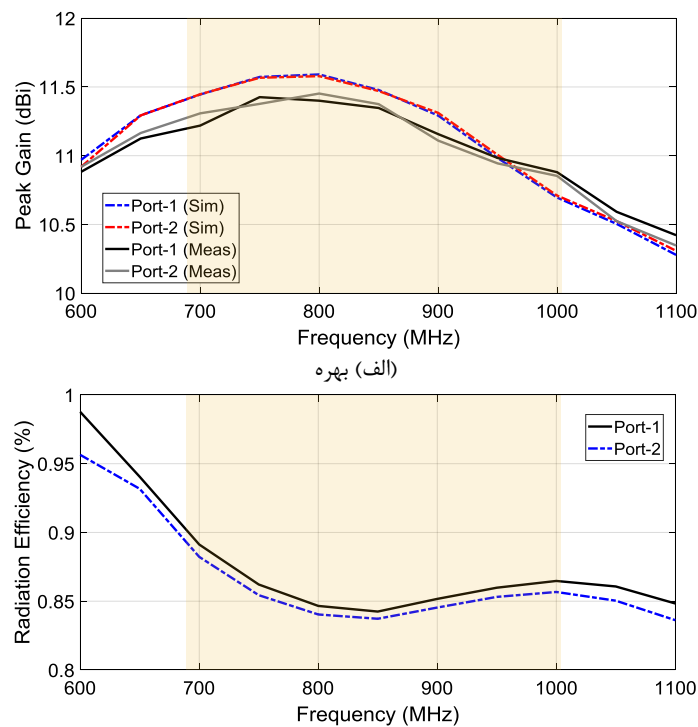


شکل (۸): پارامترهای پراکندگی شبیه سازی شده و تست شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه

Figure (8): Simulated and measured scattering parameters of the proposed antenna with dual-polarization, (a) return loss, and (b) isolation

استفاده از دو دایپل در هر پورت آنتن، بهره متوسط آنتن را به میزان تقریبی ۲ دسی بل افزایش می‌دهد. لذا عملکرد آنتن پیشنهادی، مشابه عملکرد آنتن‌های آرایه‌ای دو المانه است. بهره به دست آمده از آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه برای کاربردهای ارتباطی بی‌سیم تلفن همراه مناسب و کاربردی است. پترن تشعشعی سه بعدی شبیه‌سازی شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه، در فرکانس ۷۰۰ مگاهرتز در شکل (۱۰) برای هر دو پورت آنتن ترسیم شده است. این شکل نشان می‌دهد که آنتن پیشنهادی در پورت ۱ دارای پلاریزاسیون خطی در امتداد محور y (پلاریزاسیون خطی افقی) و در پورت ۲ در امتداد محور x (پلاریزاسیون خطی عمودی) است، که نشان دهنده عملکرد دوگانه پلاریزاسیون آنتن پیشنهادی است. در واقع

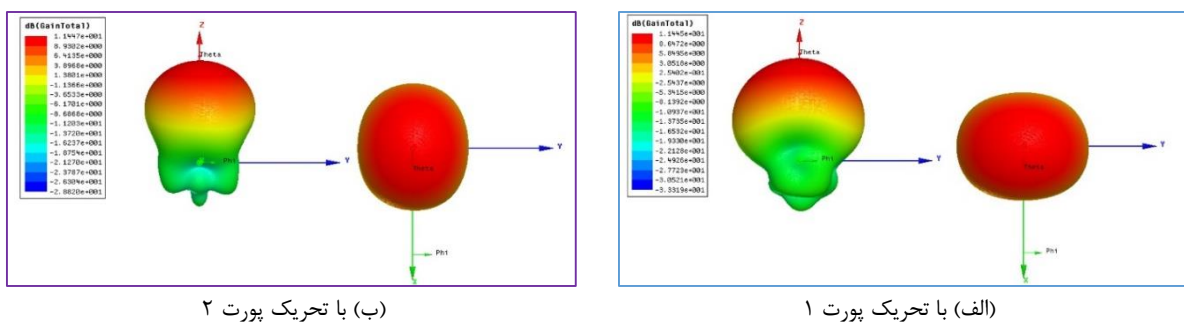
پلاریزاسیون خطی افقی/عمودی آنتن، به سادگی با چرخش ۴۵ درجه ساختار آنتن پیشنهادی در جهت عقربه‌های ساعت، به پلاریزاسیون مورب ± 45 درجه تبدیل می‌شود. همچنین پترن‌های تشعشعی شبیه‌سازی شده و تست شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در دو صفحه E-plane و H-plane در فرکانس ۷۰۰ مگاهرتز با تحریک پورت‌های ۱ و ۲ به صورت جداگانه در شکل (۱۱) ترسیم شده است. مشاهده می‌شود که این آنتن دارای یک تشعشع پایدار یک جهته در جهت لوب اصلی (محور z) است. علاوه بر این، پلاریزاسیون متقاطع آنتن حداقل ۲۰ دسی‌بل کمتر از پلاریزاسیون اصلی آن است. علاوه بر این، پترن‌های تشعشعی نرمالیزه شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز در شکل (۱۲) نمایش داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که این آنتن دارای پهنای باند ۶۰/۴ درجه، ۶۴/۷ درجه و ۶۶/۸ درجه به ترتیب در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز است. نتایج به دست آمده از آنتن پیشنهادی تایید می‌کنند که این آنتن می‌تواند گزینه مناسبی برای کاربردهای ایستگاه پایه موبایل باشد.



(ب) نمودار شبیه‌سازی شده بازده تشعشعی آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه

شکل (۹): نمودار شبیه‌سازی شده و تست شده

Figure (9): Simulated and measured diagram (a) gain, and (b) simulated diagram of radiation efficiency of the proposed antenna with dual-polarization

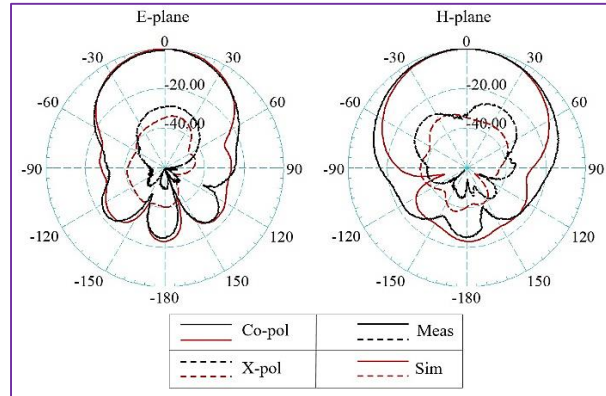


(ب) با تحریک پورت ۲

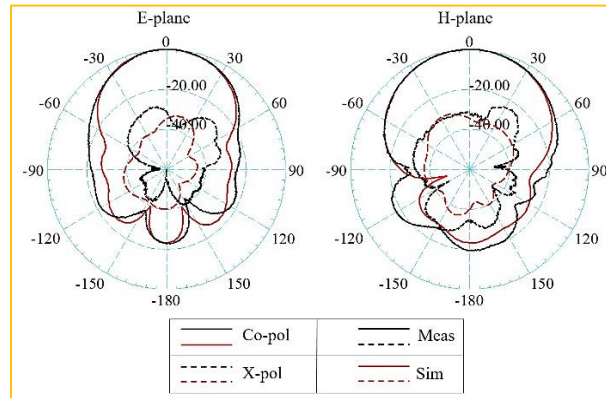
(الف) با تحریک پورت ۱

شکل (۱۰): پترن تشعشعی سه بعدی شبیه‌سازی شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در فرکانس ۷۰۰ مگاهرتز

Figure (10): Simulated 3-D radiation patterns of the proposed dual-polarized antenna, at the frequency of 700 MHz, (a) with excitation of port-1, and (b) with excitation of port-2



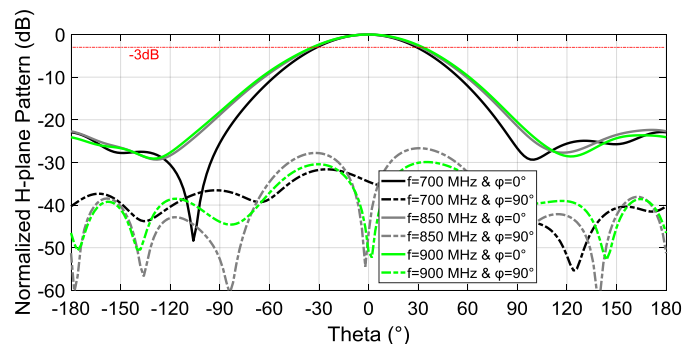
(الف) با تحریک پورت ۱



(ب) با تحریک پورت ۲

شکل (۱۱): پترن تشعشعی شبیه سازی شده و تست شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه، در فرکانس ۷۰۰ مگاهرتز
Figure (11): Simulated and measured radiation patterns of the proposed dual-polarized antenna at the frequency of 700 MHz (a) with excitation of port-1, and (b) with excitation of port-2

در شکل (۱۳) عکس آنتن پیشنهادی ساخته شده در این مقاله نمایش داده شده است. این آنتن با استفاده از صفحات هادی به ضخامت ۱ میلیمتر ساخته شده است. در ساخت این آنتن، رزوناتورهای فلزی به کمک دو پایه پلاستیکی در کنار دایپل‌های الکتریکی با فاصله ۳ میلیمتر از آن‌ها مستقر شده‌اند. همچنین جهت استقرار ساختار تغذیه به شکل Γ ، در فضای بین بازوهای دایپل مغناطیسی، از چند قطعه پلاستیکی استفاده شده است. در گام آخر، دایپل‌ها به همراه رزوناتورهای فلزی در داخل بازتابنده استوانه‌ای شکل قرار می‌گیرند.



شکل (۱۲): پترن تشعشعی نرمالیزه شده آنتن پیشنهادی با پلاریزاسیون دوگانه در فرکانس‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز
Figure (12): Normalized radiation pattern of the proposed antenna with dual-polarization at 700, 850, and 900 MHz frequencies



(الف) ساختار دایپل ها، رزوناتور هادی و تغذیه به شکل Γ



(ب) آنتن آرایه ای پیشنهادی

شکل (۱۳): عکس نمونه آنتن پیشنهادی ساخته شده

Figure (13): Photo of the proposed antenna prototype, (a) structure of dipoles, metallic resonator and Γ -shaped feed, and (b) array antenna

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه، یک ساختار ساده و جدید از آنتن های MED با پلاریزاسیون دوگانه، بهره بالا و پهنای باند امپدانس گسترده برای کاربردهای ایستگاه پایه موبایل معرفی شده است. طرح پیشنهادی با استفاده از چهار آنتن MED با پلاریزاسیون خطی، که با یک آرایش مربعی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند، تشکیل شده است. پترن تشعشعی پایدار یک جهته با عملکرد دوگانه برای پلاریزاسیون آنتن و بهره بالا، این آنتن را به عنوان یک گزینه مناسب برای کاربردهای ایستگاه پایه موبایل معرفی می کند. مطابق نتایج عملی آنتن MED پیشنهادی دارای پهنای باند فرکانسی ۳۸/۱ درصد (۲/۸-۶۸۶/۱۰۰۸ مگاهرتز) با معیار $|S_{11}|$ کمتر از -۱۵ دسی بل، بیشینه بهره ۱۱/۴۵ دسی بل، ایزولاسیون بالای ۲۰ دسی بل و پهنای باند تقریباً ۶۰/۴، ۶۴/۷ و ۶۶/۸ درجه به ترتیب در فرکانس های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۰۰ مگاهرتز است. آنتن پیشنهادی در این مقاله، پس از انجام مراحل شبیه سازی و استخراج ابعاد بهینه، با استفاده از صفحات هادی ساخته شد و در آزمایشگاه آنتن تحت تست و اندازه گیری قرار گرفت.

References

مراجع

- [1] W.L. Stutzman, G.A. Thiele, "Antenna theory and design", 3th Ed. New York, NY, USA: Wiley, 2012.
- [2] K.L. Wong, Compact, and broadband microstrip antennas. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2002.
- [3] Z. Liu, J. Liu, Z. Liu, Y. Zhang, X. Zhang, "A novel dual-band and high-gain antenna for 2G/3G base station", Progress in Electromagnetics Research Letters, vol. 54, pp. 1-6, June 2015 (doi: 0.2528/PIERL15042304).

- [4] Y. Cui, R. Li, and P. Wang, "Novel dual-broadband planar antenna and its array for 2G/3G/LTE base stations", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 3, pp. 1132–1139, Mar. 2013 (doi: 10.1109/TAP.2012.2229377).
- [5] G. Cui, S.G. Zhou, S.X. Gong, Y. Liu, "A compact dual-polarized antenna for base station application", *Progress in Electromagnetics Research Letters*, vol. 59, pp. 7–19, 2016 (doi: 10.2528/PIERC16040206).
- [6] Y. Wang, Z. Du, "Dual-polarized dual-band microstrip antenna with similar-shaped radiation pattern", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 12, pp. 5923–5928, Dec. 2015 (doi: 10.1109/TAP.2015.2487520).
- [7] M. Kaboli, M.S. Abrishamian, S.A. Mirtaeheri, S.M. Aboutorab, "High-isolation XX-polar antenna", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 9, pp. 4046–4055, Sept. 2012 (doi: 10.1109/TAP.2012.2207059).
- [8] Y. Wang and Z. Du, "Dual-polarized dual-band microstrip antenna with similar-shaped radiation pattern," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 12, pp. 5923–5928, Dec. 2015 (doi: 10.1109/TAP.2015.2487520).
- [9] H. Huang, Y. Liu, S. Gong, "A novel dual-broadband and dual-polarized antenna for 2G/3G/LTE base stations", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 64, no. 9, pp. 4113–4118, Sept. 2016 (doi: 10.1109/TAP.2016.2589966).
- [10] Y. He, Z. Pan, X. Cheng, Y. He, J. Qiao, M.M. Tentzeris, "A novel dual-band, dual-polarized, miniaturized and low-profile base station antenna", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 12, pp. 5399–5408, Dec. 2015 (doi: 10.1109/TAP.2015.2481488).
- [11] D. Samb, Z. Wu, M. Liu, H.B. Jie, "Development of ultra-broadband base station antenna for all mainstream lte 700/800/900 mhz frequency bands", *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2014, Article ID 201914, pp. 1–10, 2014 (doi: 10.1155/2014/201914).
- [12] F. Ghaedi, J. Jamali, M. Taghizadeh, "A wideband dual-polarized antenna using magneto-electric dipoles for base station applications", *AEU- International Journal of Electronics and Communications*, vol. 126, Article Number: 153395, Nov. 2020 (doi: 10.1016/j.aeue.2020.153395).
- [13] L. Cai, H. Wong, K.F. Tong, "A simple low-profile coaxially-fed magneto-electric dipole antenna without slot-cavity", *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation*, vol. 1, pp. 233–238, 2020 (doi: 10.1109/ojap.2020.2997816).
- [14] B. Feng, K.L. Chung, J. Lai, Q. Zeng, "A conformal magneto-electric dipole antenna with wide h-plane and band-notch radiation characteristics for Sub-6-GHz 5G base-station", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 17469–17479, 2019 (doi: 10.1109/ACCESS.2019.2896356).
- [15] C. Zhu, B. Wang, W. Luo, H. Hao, P. Wang, "Dual-wideband dual-polarised magnetoelectric dipole antenna for 4G/5G microcell base station", *Electronics Letters*, vol. 56, no. 6, pp. 269–271, March 2020 (doi: 10.1049/el.2019.3535).
- [16] Q. Li, H. Zhu, X. Li, Q. Li, "A compact broad E-plane beamwidth magneto-electric dipole antenna array for UWB application", *Electromagnetics*, vol. 39, no. 2, pp. 80–88, 2019 (doi: 10.1080/02726343.2019.1577526).
- [17] N. Malekpour, M.A. Honarvar, "Design of a dual-beam end-fire antenna using the proposed metamaterial structure for 60 GHz MIMO applications", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 13, no. 49, pp. 133-144, June 2022 (doi: 20.1001.1.23223871.1401.13.49.9.8) (in Persian).
- [18] W.A.M. Hazeri, A.R. Kashaninia, "Design of an active integrated antenna with compact image rejection mixer and spurious passbands suppression of antenna", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 2, no. 8, pp. 3-10, March 2012 (doi: 20.1001.1.23223871.1390.2.8.1.1) (in Persian).
- [19] K. Nishimori, Y. Makise, M. Ida, R. Kudo, K. Tsunekawa, "Channel capacity measurement of 8× 2 MIMO transmission by antenna configurations in an actual cellular environment", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 54, no. 11, pp. 3285-3291, Nov. 2006 (doi: 10.1109/tap.2006.883967).

زیرنویس‌ها

1. Base transceiver station
2. Magneto-electric dipole antenna
3. Slant polarization
4. Half power beam width
5. Balanced-to-unbalanced
6. Isolation