https://doi.org/10.30495/jce.2025.1993480.1337

Vol. 14/ No. 56/2025

Research Article

A New BTS Antenna for Simultaneous Operation in 900 GSM Frequency Bands and LTE

Maryam Mohammadifar¹ 🔟 | Pejman Mohammadi^{2*} 🔟 | Yashar Zehforoosh³ 🔟

¹Department of Electrical Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia Iran. mohammadifar_eng@yahoo.com

²Microwave and antenna research center, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran. P.mohammadi@iaurmia.ac.ir

³Microwave and antenna research center, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran. y.zehforoosh@srbiau.ac.ir

Correspondence

Pejman Mohammadi, Associate Professor of the Microwave and Antenna Research Center, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran. P.mohammadi@iaurmia.ac.ir

Main Subjects: Antenna Design

Paper History: Received: 25 July 2024 Revised: 15 August 2024 Accepted: 3 September 2024

Abstract

This paper presents a novel dual-band, dual-polarized base station antenna design for mobile communication systems operating across GSM/DCS/PCS/UMTS and LTE frequency bands. The antenna achieves wide input impedance matching bandwidth through an innovative trident-shaped feeding technique. The design consists of two printed dipoles positioned perpendicular to each other and fed by stepped-microstrip lines. A low-profile cavity-backed structure serves as a metal reflector beneath the antenna, effectively converting the dipoles' bidirectional radiation patterns into unidirectional patterns while simultaneously increasing antenna gain. The proposed antenna demonstrates effective operation at 900, 1800, 1900, and 2300 MHz frequency bands, making it suitable for base station applications. Measurement results show peak gains of 11.47 dBi at port-1 and 10.40 dBi at port-2. The antenna element itself measures 168×168mm² and is mounted on a 222×222mm² cavity-backed structure with a depth of 42 mm. These features combine to create a compact yet high-performance solution for modern multi-standard cellular systems, with the dual-polarized configuration and broadband characteristics proving particularly advantageous for current communication infrastructure requirements.

Keywords: Base Station Antenna, Dual-Polarization, Printed Antenna, Trident-Shaped Feeding.

Highlights

- Simple antenna structure compared to previous designs.
- New dual-band antenna design with dual polarization for simultaneous operation in 900GSM and LTE frequency bands.
- Good and high gain compared to previous designs.

Citation: M. Mohammadifar, P. Mohammadi, and Y. Zehforoosh, "A New BTS Antenna for Simultaneous Operation in 900 GSM Frequency Bands and LTE," *Journal of Southern Communication Engineering*, vol. 14, no. 56, pp. 75–88, 2025, doi:10.30495/jce.2025.1993480.1337 [in Persian].

COPYRIGHTS

©2025 by the authors. Published by the Islamic Azad University Bushehr Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0



1. Introduction

Signal fading in mobile communications remains a critical challenge for antenna designers, primarily caused by wave scattering from surrounding objects like buildings, vehicles, and trees. This phenomenon necessitates the use of multiple antennas to enhance channel capacity and mitigate fading effects. However, implementing multiple antennas introduces mutual coupling issues, traditionally addressed through space diversity solutions that require larger physical dimensions. Recent advancements in wireless communication systems demand more compact designs with reduced installation space, lower costs, and support for multiple frequency bands, driving the need for dual-polarized, dual-band antennas.

Designing antennas with both dual-polarization and dual-band capabilities presents significant challenges. Conventional single-band dual-polarized antennas typically employ two orthogonal dipoles to achieve vertical and horizontal linear polarizations [1], but these cannot meet the comprehensive requirements of modern communication systems. Recent developments have focused on dual-band dual-polarized antennas for base station applications [2]-[3]. For instance, Deillon et al. [2] presented a design covering GSM, DCS, and UMTS bands using four microstrip-fed slots with corresponding cavities, achieving bandwidths of 5.6% (0.941-0.995 GHz) and 34.9% (1.710-2.434 GHz) for port-1, and 6.2% (0.932-0.992 GHz) and 19.8% (1.702-2.077 GHz) for port-2. Similarly, Ro and Huan [3] implemented a dual-band dual-polarized BTS antennas [4]-[7], small-cell BTS solutions [8], next-generation mobile systems [9]-[10], and microcell base stations [11].

This paper introduces a new base station antenna design featuring two printed orthogonal microstrip dipoles and a low-profile cavity-backed structure. The innovative trident-shaped microstrip feeding technique [12]-[13] enables measured impedance bandwidths of 30.17% (0.729-0.988 GHz) and 60.95% (1.289-2.419 GHz) for port-1, and 26.30% (0.743-0.968 GHz) and 32.11% (1.746-2.414 GHz) for port-2. Meeting contemporary BTS system requirements for compact, low-profile multifunctional antennas [14], the proposed design occupies a minimal volume of $222 \times 222 \times 42$ mm³ while delivering dual-band operation and dual-polarization capabilities.

2. Innovation and contributions

The key innovations of this work include:

- A simplified antenna structure offering improved manufacturability compared to previous complex designs
- A novel dual-band, dual-polarized configuration enabling simultaneous operation in both 900MHz GSM and LTE frequency bands
- Enhanced gain performance surpassing existing antenna designs in this class

The proposed antenna maintains a compact size while improving key performance metrics.

3. Materials and Methods

The antenna structures were simulated using HFSS Microwave Studio software.

4. Results and Discussion

Figure I presents the simulated results of the proposed antenna obtained using ANSYS HFSS software. When both ports are driven, they demonstrate identical impedance bandwidths, covering 852-986 MHz and 1760-2463 MHz frequency ranges. The simulated isolation between ports exceeds 19dB.

The triple microstrip feeding technique significantly enhances the antenna's impedance bandwidth through several mechanisms. First, it increases the electrical length of the feeding structure, enabling multi-frequency resonance. Second, it introduces additional resonant modes that collectively expand the operational bandwidth. Third, the geometry incorporates both inductive and capacitive components that can be optimized for impedance matching across multiple frequencies.

This feeding configuration also modifies the current distribution on the radiating patch, promoting more uniform current flow over a broader frequency range. As shown in Figure II, the triple feed structure provides substantially wider bandwidth compared to a single feed, particularly in higher frequencies. This design approach effectively covers all essential BTS operating bands (800/900/1800/1900/2300 MHz) while maintaining excellent impedance matching characteristics.

5. Conclusion

This paper presents a novel base station antenna design featuring orthogonal dipoles with triple-feed series and a cavity reflector structure. The antenna achieves dual-polarization operation across two frequency bands while covering multiple mobile communication bands. Key design features include:

- 1. A triple-feed technique that significantly enhances impedance bandwidth
- 2. A cavity reflector structure that converts the radiation pattern to unidirectional
- 3. Stable radiation characteristics with less than 2dB gain variation at both ports

The antenna is fabricated on a 168×168mm² Rogers RO4003 substrate, complemented by a 222×222×42mm³ cavity reflector. Simulation results demonstrate:

- Port isolation exceeding 19dB
- Maximum gains of 11.40dBi (Port 1) and 10.47dBi (Port 2)
- Consistent performance across all operational bands

This compact design successfully addresses key requirements for modern base station antennas, including wide bandwidth, high isolation, and stable radiation patterns.

6. Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the Islamic Azad University of Urmia, Iran, for providing access to the PNA-X network analyzer system (N5242A) in their microwave laboratories for antenna testing purposes.



Figure 1. Simulated S parameters of the proposed antenna



Figure II. Return loss of the proposed antenna with a single feed

References

 B. Lindmark and M. Nilsson, "On the available diversity gain from different dual-polarized antennas," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 19, no. 2, pp. 287-294, 2001, doi: 10.1109/49.914506.

- [2] S. Qu, J. Li, and Q. Xue, "Bowtie Dipole Antenna with Wide Beamwidth for Base Station Application," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 293-295, 2007, doi: 10.1109/LAWP.2007.898543.
- [3] W. X. An, H. Wong, K. L. Lau, S. F. Li, and Q. Xue, "Design of Broadband Dual-Band Dipole for Base Station Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 3, pp. 1592-1595, 2012, doi: 10.1109/TAP.2011.2180336.
- [4] H. Zhai, Q. Gao, C. Liang, R. Yu, and S. Liu, "A Dual-Band High-Gain Base-Station Antenna for WLAN and WiMAX Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 876-879, 2014, doi: 10.1109/LAWP.2014.2321503.
- [5] M. Rezvani and P. Mohammadi, "Microstrip antenna with aperture reflector and C-shaped dipoles for LTE and wireless communications," *Int J Electron Commun (AEÜ)*, vol. 94, pp.12-18, 2018, doi: 10.1016/j.aeue.2018.06.041.
- [6] Q. X. Chu, D. L. Wen, and Y. Luo, "A Broadband ± 45° Dual-Polarized Antenna With Y-Shaped Feeding Lines," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 2, pp. 483-490, 2015, doi: 10.1109/TAP.2014.2381238.
- [7] Y. Gou, S. Yang, J. Li, and Z. Nie, "A compact dual-polarized printed dipole antenna with high isolation for wideband base station applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, no. 8, pp. 4392-4395, 2014, doi: 10.1109/TAP.2014.2327653.
- [8] A. Elsherbini, J. Wu, and K. Sarabandi, "Dual polarized wideband directional coupled sectorial loop antennas for radar and mobile base-station applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 4, pp. 1505-1513, 2015, doi: 10.1109/TAP.2015.2392773.
- [9] V. Deillon and J-F. Zürcher, and A. K. Skrivervik, "A compact dual-band dual-polarized antenna element for GSM/DCS/UMTS base stations," *Microwave and Optical Technology Letters.*, vol. 40, no. 1, pp. 29-33, 2004, doi: 10.1002/mop.11277.
- [10] S. Chen and K. -M. Luk, "High performance dual-band dual-polarized magneto-electric dipole base station antenna," *Asia-Pacific Microwave Conference*, Sendai, Japan, 2014, pp. 321-323.
- [11] A. Vedaee and H. R. Hassani, "A novel compact dual-band dual-polarized microstrip patch antenna for GSM/DCS applications," *Microwave and Optical Technology Letters.*, vol. 58, no. 11, pp. 2557-2559, 2016, dio: 10.1002/mop.30099.
- [12] Q. Hua, Y. Huang, A. Alieldin, C. Song, T. Jia, and X. Zhu, "A Dual-Band Dual-Polarized Base Station Antenna Using a Novel Feeding Structure for 5G Communications," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 63710-63717, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2984199.
- [13] H. Zhai, K. Zhang, S. Yang, and D. Feng, "A Low-Profile Dual-Band Dual-Polarized Antenna With an AMC Surface for WLAN Applications," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 2692-2695, 2017, doi: 10.1109/LAWP.2017.2741465.
- [14] S. Khorasani, J. Nourinia, Ch. Ghobadi, A .Hatamian, and B. Virdee, "Dual- band magneto-electric dipole antenna with high-gain for base-station applications," *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 134, p. 153696, May 2021, dio: 10.1016/j.aeue.2021.153696.

Declaration of Competing Interest: Authors do not have conflict of interest. The content of the paper is approved by the authors.

Author Contributions:

Maryam Mohammadifar: conducted the simulations and prepared the manuscript with input from all authors. **Pejman Mohammadi:** developed the theoretical framework and supervised the research. **Yashar Zehforoosh**: validated the analytical methods.

Open Access: Journal of Southern Communication Engineering is an open access journal. All papers are immediately available to read and reuse upon publication.

https://doi.org/10.30495/jce.2025.1993480.1337

مهندسی مخابرات جنوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

مقاله پژوهشی

یک آنتن BTS جدید برای کارکرد همزمان در باندهای فرکانسی GSM۹۰۰ و LTE

مریم محمدیفر 🔍 | پژمان محمدی الات ا یاشار زهفروش

چکیدہ:	^۱ گروه برق، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.				
در این م	mohammadifar_eng@yahoo.com				
برای ایس	^۲ مرکز تحقیقات مایکروویو و آنتن، واحد ارومیه، دانشگاه				
ده در ارتباطات	ازاد اسلامی، ارومیه، ایران. P.mohammadi@iaurmia.ac.ir				
ر . شخصی/	^۳ مرکز تحقیقات مایکروویو و اَنتن، واحد ارومیه، دانشگاه اَزاد				
بيسيم ک	اسلامي، اروميه ، ايران. v zehforoosh@srbiau ac ir				
تکنیک ت ۔	نویسنده مسئول:				
ورودی ا	» پژمان محمدی، دانشیار مرکز تحقیقات مایکروویو و آنتن،				
یکدیگر ق	واحد ارومیه، دانشگاه ازاد اسلامی، ارومیه، ایران. P.mohammadi@iaurmia.ac.ir				
انتن پیش					
1					
جعبهای با با با					
جعبهای دایپلها دا ا د					
جعبهای دایپلها طراحی	موضوع اصلی:				
جعبهای دایپلها طراحی کاربردهای	موضوع اصلی: طراحی آنتن				
جعبهای دایپلها طراحی کاربردها; مگاهرتز د	موضوع اصلی: طراحی آنتن تاریخچه مقاله:				
جعبهای دایپلها طراحی کاربردهاز مگاهرتز م بهترتیب	موضوع اصلی: طراحی آنتن تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۴ مرداد ۱۴۰۳				
جعبهای دایپلها طراحی کاربردهای مگاهرتز م بهترتیب میلیمتر ۲۲۲ میل	موضوع اصلی: طراحی آنتن تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۴ مرداد ۱۴۰۳ تاریخ بازنگری: ۲۵ مرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳ شهریور ۱۴۰۳				

در این مقاله، طراحی جدیدی از آنتنهای دو بانده با پلاریزاسیون دوگانه برای ایستگاههای پایه موبایل جهت پشتیبانی از سیستمهای ارتباطی سیار که در باندهای فرکانس (GSM/DCS/PCS/UMTS) سامانه جهانی رتباطات سیار/ باند ذخیره جهت برقراری مکالمه/ سامانه ارتباطهای شخصی/ سامانه جهانی مخابرات سیار و (LTE) نسل چهارم ارتباطات بیسیم کار می کنند، ارائه شده است. در این طراحی، بهدلیل استفاده از تکنیک تغذیه سه گانه، یک پهنای باند گسترده با تطبیق امپدانسی عالی در ورودی آنتن بهدست آمده است. دو دایپل چاپی که بهصورت عمود بر بکدیگر قرار دارند و توسط خطوط میکرو استرپیی پلکانی تغذیه می شوند، آنتن پیشنهادی را تشکیل میدهند. علاوه بر این، با قرار دادن یک ساختار جعبهای ساده، بهعنوان یک بازتابنده فلزی در زیر آنتن، تشعشع دو جهته داییلها با افزایش بهره آنتن به تشعشع یکطرفه تبدیل می شوند. نتایج طراحی این آنتن نشان میدهند که آنتن پیشنهادی مناسب برای کاربردهای ایستگاه یایه در فرکانسهای عملیاتی ۲۳۰۰/۱۹۰۰/۱۸۰۰/۹۰ مگاهرتز می باشد. همچنین طبق نتایج بیشینه بهره ۱۱/۴۰ و ۱۰/۴۷ دسیبل به ترتیب در پورت های ۱ و ۲ آنتن به دست آمده است. ابعاد آنتن ۱۶۸×۱۶۸ میلیمتر مربع بوده که بر روی یک بازتابنده جعبهای شکل به ابعاد ۲۲۲ × ۲۲۲ میلی متر مربع با عمق ۴۲ میلی متر نصب شده است.

کلید واژهها: آنتنهای ایستگاه پایه موبایل، پلاریزاسیون دوگانه، آنتنهای چاپی، تغذیه سهگانه

تازەھاى تحقيق:

- ساختار ساده آنتن نسبت به طراحیهای گذشته
- طراحی جدیدی از آنتنهای دو بانده با پلاریزاسیون دوگانه برای کارکرد همزمان در باندهای فرکانسی GSM۹۰۰ و LTE
 - بهره خوب و بالا نسبت به طراحیهای انجام شده گذشته



۱–مقدمه

طی سالهای گذشته رشد چشمگیری در زمینه ارتباطات بیسیم رخ داده است. حل مشکل محوشوندگی سیگنال در ارتباطات سیار یکی از مهمترین چالشهای طراحان آنتن بوده است. دلیل اصلی پدیده محوشوندگی سیگنال، پراکندگی و انعکاس امواج از اشیاء اطراف کاربران موبایل مانند ساختمانها، اتومبیلها و درختان است. بنابراین استفاده از آنتنهای متعدد برای افزایش ظرفیت کانال و مهار محوشوندگی در این سیستمها ضروری به نظر میرسد. از سوی دیگر، ایجاد کوپلینگ متقابل بین آنتنها چالش دیگری برای سیستمهای ارتباطی سیار است. یک راه حل معمول برای این مشکل استفاده از تنوع فضایی ⁽ (چندگانگی فضایی) است که به فضای بیشتری برای سیستم نیاز دارد [۱]. در نتیجه، در چند سال اخیر، انواع مختلفی از آنتنهای ایستگاه پایه گزارش شدهاند که ساختارهای مختلفی دارند و تنها از یک پلاریزاسیون پشتیبانی میکنند [۵]-[۲]. لازم به توضیح است که آنتنهای مونویل برای تکنیکهای تنوع فضایی در سیستمهای ایستگاه پایه مناسب هستند. در مرجع [۲]، یک آنتن ایستگاه پایه شامل یک تشعشع کننده دایپل پاپیونی که بر روی صفحه زمین قرار دارد گزارش شده است که در آن یک پل رسانا برای گسترش عرض بیم آنتن بهکاررفته است. این آنتن فقط یک باند فرکانسی ۱۱/۵٪ (۶–۵/۳۵ گیگاهرتز) را پوشش میدهد. همچنین امروزه برای بهبود عملکرد ایستگاههای پایه، آنتنهای ایستگاه پایه با عملکرد دو بانده پیشنهاد میشوند [۳]، [۵]. آنتنهای دو بانده که از پچهای کوتاه و المانهای مسطح با پهنای باند امپدانسی ۳۴٪ (۱/۱-۷/۸ گیگاهرتز) و ۴۹/۵٪ (۲/۶۲-۱/۵۸ گیگاهرتز) در [۳] و نیز ۱۰٪ (۲/۵–۲/۲۶ گیگاهرتز) و ۱۶ ٪ (۳/۸۸–۳/۲۸ گیگاهرتز) در [۴]، معرفی شدهاند. در مرجع [۵] یک آنتن پچ میکرواستریپ دو بانده برای کاربردهای ایستگاه پایه فرستنده/گیرنده در باند فرکانس نسل چهارم ارتباطات بيسيم بررسي شده است. آنتن مذكور شامل دو دايپل يكسان و خطوط ميكرواستريپ نامنظم است كه از كابل كواكسيال براي تغذیه استفاده می کنند. اخیراً پیشرفتهای صورت گرفته در زمینه سیستمهای ارتباطی بیسیم و ارتقای دستگاههای ارتباطی سیار، نیازمند کاهش فضای نصب، هزینه تجهیزات و پشتیبانی از باندهای فرکانسی مختلف است. در نتیجه ارائه آنتنها با عملکرد دو بانده و قابلیت پشتیبانی از دو پلاریزاسیون مختلف مورد نیاز است. در ابتدا، طراحی همزمان آنتنهایی که این ویژگیها را دارند دشوار به نظر میرسید. چندین آنتن تک بانده با پلاریزاسیون دوگانه در مراجع [۸]-[۶] گزارش شده است. این آنتنها عمدتاً از دو دایپل متعامد برای ایجاد پلاریزاسیونهای دوگانه (خطی عمودی و خطی افقی) استفاده میکنند. با این وجود، آنتنهای تک بانده نمی توانند تمام الزامات سیستمهای ارتباطی مدرن را برآورده کنند. برای حل این مشکل، آنتنهای دو بانده با پلاریزاسیون دوگانه برای کاربردهای ایستگاه پایه پیشنهاد میشوند [۱۳]-۹]. یک آنتن ایستگاه پایه دو بانده با پلاریزاسیون دوگانه که باندهای سامانه جهانی ارتباطات سیار/ باند ذخیره جهت برقراری مکالمه/ سامانه ارتباطهای شخصی/ سامانه جهانی مخابرات سیار را پوشش میدهد در [۸] ارائه شده است. این طراحی شامل چهار شکاف است که توسط خطوط میکرو استریپ در سمت بالا و چهار حفره در زیر شکافها تشکیل می شود. در این طرح دو شکاف برای ایجاد پلاریزاسیون خطی ۴۵+ درجه (اسلنت) و دو شکاف دیگر برای پلاریزاسیون خطی ۴۵- درجه (اسلنت) در نظر گرفته شده است. در این طراحی باندهای فرکانسی ۵/۶٪ (۵/۹۹۵-۱۹۴۱- گیگاهرتز) و ۳۴/۹٪ (۲/۴۳۴٪ ۱/۷۱-۱/۷۱ گیگاهرتز) برای پورت ۱ و همچنین باندهای فرکانسی ۶/۲٪ (۹۳۲/۹۹۲) - ۷/۰۰ گیگاهرتز) و ۱۹/۸٪ (۲/۰۷-۲/۰۷ گیگاهرتز) برای پورت ۲ به دست آمدهاند.

یک آنتن دایپل دو بانده برای سیستمهای بی سیم تلفن همراه مانند نسل دوم-نسل سوم و شبکه بیسیم محلی محبوب و پرکاربرد می باشد، زیرا پهنای باند امپدانسی آن می تواند دو باند فرکانسی مختلف را پوشش دهد و از دو پلاریزاسیون متعامد برای کاهش اثر محوشوندگی چند مسیری استفاده می نماید. از این رو در سالهای اخیر طراحیهای مختلفی از این آنتنها پیشنهاد شده است. مفاهیم اساسی طراحی این آنتنها را می توان به دو دسته کلی تقسیم کرد. دسته اول، طراحیهایی که بر اساس یک آنتن دو بانده با یک تغذیه است و عملیات پلاریز اسیون دوگانه با افزودن یک تغذیه متعامد به ساختار آنتن به دست می آید که نشان می دهد آنتن به صورت دو بانده با پلاریز اسیون دوگانه با افزودن یک تغذیه متعامد به ساختار آنتن به دست می آید که نشان ساختار انباشته متشکل از دو المان آنتن است که در فرکانسهای مختلف کار می کنند و هر المان می تواند پلاریز اسیونهای متعامد دوگانه را از طریق دو پورت ورودی ارائه دهد. در این طراحی، یک آنتن دو بانده با پلاریز اسیون دوگانه جدید معرفی مختلف کار می کنند و هر المان می تواند پلاریز اسیونهای

¹ Space Diversity

است که جهت افزایش پهنای باند فرکانسی آنتن و بهبود تطبیق امپدانسی آن از تکنیک تغذیه سهگانه در طراحی آن استفاده شده است. ساختار آنتن از دو دایپل چاپی که بهصورت متعامد نسبت به هم قرار دارند تشکیل شده است بطوریکه دایپلها توسط خطوط میکرو استریپی پلکانی تغذیه میشوند. علاوه بر این، با قرار دادن یک ساختار جعبهای ساده، بهعنوان یک بازتابنده فلزی در پشت دایپلها، تشعشع دو جهته دایپلها با افزایش بهره آنتن به تشعشع یکطرفه تبدیل میشوند. آنتن پیشنهادی با پوشش دو باند فرکانسی، برای ایستگاههای پایه موبایل جهت پشتیبانی از سیستمهای ارتباطی سیار که در باندهای فرکانس سامانه جهانی ارتباطات سیار/ باند ذخیره جهت برقراری مکالمه/ سامانه ارتباطهای شخصی/ سامانه جهانی مخابرات سیار و نسل چهارم ارتباطات بیسیم کار میکنند، مناسب میباشد. نتایج طراحی این آنتن نشان میدهند که آنتن دوبانده با پلاریزاسیون دوگانه پیشنهادی ، مناسب برای کاربردهای ایستگاه پایه در فرکانسهای عملیاتی ۲۰۰/۱۹۰۰/۱۸۰۰ مگاهرتز میباشد. ارتباطات بیسیم کار میکنند، مناسب میباشد. نتایج طراحی این آنتن نشان میدهند که آنتن دوبانده با پلاریزاسیون دوگانه پیشنهادی ، مناسب برای کاربردهای ایستگاه پایه در فرکانسهای عملیاتی ۲۰۰/۱۸۰۰/۱۸۰۰/۱۸۰۰ مگاهرتز میباشد. ۱۶۸ مین از بایل می مربع بوده که بر روی یک بازتابنده جعبهای شکان ۲۲۲ میلی متر مربع با عمق ۴۲ میلی متر میب مده است.

۲- طراحی آنتن

آنتنهای دایپل متعامد با پلاریزاسیون مایل دوگانه دستهای از انواع مختلف آنتنها هستند که معمولاً در کاربردهای ایستگامهای فرستنده پایه در حوزه مخابرات استفاده میشوند. این آنتنها نقش مهمی در سیستمهای ارتباطی بی سیم دارند و امکان انتقال و دریافت سیگنالها را بین ایستگاه گیرنده و فرستنده و دستگاههای تلفن همراه فراهم میکنند. پیکربندی دایپل متعامد شامل دو المان دوقطبی است که عمود بر یکدیگر چیده شدهاند و شکل متقاطع را تشکیل میدهند. این طراحی چند مزیت مهم از جمله پترن تشعشعی بهبود یافته و چندگانگی پلاریزاسیون را ارائه میدهد. پلاریزاسیون مایل دوگانه به استفاده از دو پلاریزاسیون مایل اشاره دارد که معمولاً در زاویه ۴۵ ± درجه از محورهای عمودی و افقی ایجاد میشوند. استفاده از پلاریزاسیون مایل دوگانه به کاهش اثرات محو شوندگی چند مسیری کمک میکند، پدیدهای که در آن سیگنالها مسیرهای متعددی را برای رسیدن به گیرنده طی میکنند و منجر به اعوجاج و تخریب سیگنال میشود. با ارسال و دریافت سیگنالها مسیرهای متعددی را برای رسیدن به آنتن دایپل متقاطع با پلاریزاسیون مایل دوگانه، پایداری و قابلیت اطمینان لینک ارتباطی را افزایش میدهد. در کاربردهای ایستگاه گیرنده و فرستنده، این آنتنها به صورتی قرار میگیرند تا پوشش و ظرفیت بهینه را برای شبکههای ار تباطی سیار فراهم مند. استفاده از پلاریزاسیون مایل دوگانه، پایداری و قابلیت اطمینان لینک ارتباطی را افزایش میدهد. در کاربردهای میند استفاده از پلاریزاسیون مایل دوگانه، پایداری و قابلیت اطمینان لینک ارتباطی را افزایش میدهد. در کاربردهای را می مینده ایر برایی می دوگانه، پایداری و قابلیت اطمینان لینک ارتباطی را افزایش میدهد. در کاربردهای کند. استفاده از پلاریزاسیون مایل دوگانه، پایداری و قابلیت اطمینان لینک ارتباطی را داوزیش میده در دار در محیطهای کنند. استفاده از پلاریزاسیون مایل دوگانه به کاهش محود شوندگی سیگنال کمک میکند و عملکرد آنتن را در محیطهای مختلف بهبود میبخشد و آن را برای محیطهای شهری، برون شهری و روستایی مناسب میکند. بهطورکلی، آنتنهای دایپل

پیکربندی آنتن دایپل میکرواستریپ دو بانده پیشنهادی بدون شکاف در شکل ۱ نشان داده شده است. این آنتن از دو دایپل متعامد چاپی، دو ساختار تغذیه سهگانه برای هر تشعشع کننده و همچنین یک جعبه فلزی در زیر آنتن تشکیل شده است. در این طراحی از یک زیرلایه Rogers-RO4003 به ضخامت ۸۵۸/۰ میلیمتر با گذردهی ۳/۵۵ و تانژانت تلفات ۲/۰۰۲۷ جهت چاپ دایپل ها در لایههای پایین و بالایی آن استفاده شده است. علاوه بر این، ساختار حفرهای منعکس کننده که از آلومینیوم ساخته شده است، در فاصله ۸/۵ میلیمتری از زیرلایه قرار دارد. دایپل ها بهطور مستقل با دو پورت تحریک میشوند. اساساً دایپل ها عمود بر یکدیگر هستند و در موقعیتی قرار دارند که پلاریزاسیون های مایل ۴۵+ و ۴۵– را ایجاد نمایند. نمای سهبعدی و نمای جانبی آنتن پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: پیکربندی آنتن پیشنهادی (a) نمای سهبعدی، (b) نمای بالا و (c) نمای جانبی آنتن پیشنهادی Figure 1. Suggested antenna configuration: (a) 3D view, (b) Top view, (c) Side view

ابعاد آنتن و فاصله بازتابنده از آنتن در شکل نمایش داده شده است. برای جلوگیری از تماس دایپل ها با یکدیگر و بروز اتصال الکتریکی بین آنها، دو بخش از هر دایپل در طرفهای مختلف زیرلایه چاپ شده است. علاوه بر این، ابعاد دایپل پیشنهادی و ساختار تغذیه و همچنین اسلات H شکل ایجاد شده در روی دایپل ها در شکلهای ۲ (a) و (b)، نمایش داده شده است. المان تشعشعی قطرهای شکل دارای طول ۷۳/۷ میلیمتر و دو بازوی جانبی با طولهای ۲۴/۷ میلیمتر میباشد. با توجه به این شکل، دایپل با سه خط میکرو استریپ به نقطه تغذیه متصل میشود که به تغذیه سه گانه معروف است. یک صفحه زمین ذوزنقهای شکل برای هر پورت از آنتن، ساختار دایپل ها را تکمیل میکند.



شكل ۲: (a) ابعاد دايپل ها و ساختار تغذيه و (b) اسلات H شكل ايجاد شده در روى دايپل ها Figure 2. (a) Dimensions of dipoles and feeding structure, (b) H-shaped slot created on the dipoles

هر کدام از دایپل های آنتن پیشنهادی توسط یک خط میکرو استریپ ۵۰ اهمی با عرض ۱/۱ میلیمتر و طول ۱۴/۸ میلیمتر تغذیه میشوند. خط میکرو استریپ دیگری با طول L (۵۴/۸ میلیمتر) برای تطبیق امپدانسی بین ورودی و ساختار سهگانه استفاده شده است.

در نهایت برای افزایش بهره آنتن یک اسلات H شکل در طراحی ایجاد میکنیم و شکل نهایی با تغییرات به شکل زیر تغییر پیدا میکند.



شکل ۳: شکل نهایی آنتن پیشنهادی Figure 3. The final shape of the proposed antenna

۳- تحلیل و بررسی نتایج

شکل ۴ نتایج شبیه سازی شده آنتن ارائه شده را نشان میدهد. تمامی شبیه سازی ها در این تحقیق با استفاده از نرم افزار ANSYS HFSS انجام شده است. با تحریک هر دو پورت آنتن پیشنهادی، پهنای باند امپدانس یکسانی برای پورت ها به دست می آید و باندهای فرکانسی ۸۵۲ تا ۹۸۶ مگاهرتز و ۱۷۶۰ تا ۲۴۶۳ مگاهرتز را به صورت مشابه پوشش می دهند. علاوه بر این، ایزولاسیون شبیه سازی شده بین پورت ها بالاتر از ۱۹ دسی بل است.



شکل۴: پارامترهای S شبیهسازی شده آنتن پیشنهادی Figure 4. Simulated S parameters of the proposed antenna

تغذیه میکرواستریپ سهگانه یکی از تکنیکهایی است که برای افزایش پهنای باند امپدانسی آنتنهای چاپی استفاده میشود. پهنای باند امپدانسی یک پارامتر مهم است زیرا محدوده فرکانسهایی را که آنتن میتواند بهطور مؤثر بر روی آن کار کند را تعیین میکند. تکنیکهای مختلفی برای دستیابی به پهنای باند امپدانس وسیعتر استفاده میشود و تغذیه میکرو استریپی سهگانه یکی ازاینروشها است. در این بخش این موضوع که چگونه تکنیک تغذیه سهگانه میتواند پهنای باند آنتن را افزایش دهد بررسی میشود. در واقع شکل سه گانه تغذیه میکرواستریپ بهطور مؤثر طول الکتریکی ساختار تغذیه را افزایش میدهد. افزایش طول الکتریکی تغذیه، به آنتن اجازه میدهد تا در فرکانسهای متعدد رزونانس کرده و در نتیجه پهنای باند را افزایش دهد. همچنین شکل سهگانه تغذیه، حالتهای تشدید بیشتری را در مقایسه با یک آنتن میکرواستریپ ساده معرفی میکند. بهاینترتیب، هر حالت رزونانسی به افزایش پهنای باند امپدانس کلی آنتن کمک میکند. از سوی دیگر، هندسه تغذیه ميكرواستريپ سه گانه هر دو جزء القايي و خازني را به ساختار تغذيه معرفي ميكند. اين مؤلفه ها مي توانند به صورت استراتژيک برای دستیابی به تطبیق امپدانسی در فرکانسهای متعدد طراحی شوند و پهنای باند را افزایش دهند. تغذیه میکرواستریپ سهگانه، توزیع جریان را در یچ تشعشعی اصلاح میکرده و این اصلاح میتواند منجر به توزیع یکنواختتر جریان در محدوده فرکانسی وسیعتری شود که تطبیق امپدانسی و پهنای باند را بهبود می بخشد. خوراک سهتایی شکل می تواند طراحی یک شبکه تطبیق بهبود یافته را تسهیل کند. برای درک بهتر تأثیر تکنیک تغذیه سه گانه اعمال شده در طراحی پیشنهادی، افت بازگشتی آنتن پیشنهادی با یک تغذیه سه گانه و با یک تغذیه منفرد در شکل ۵ مقایسه شده است. نتایج نشان می دهند که ساختار تغذیه پیشنهادی بهطور قابل توجهی پهنای باند آنتن را افزایش میدهد، به خصوص در باند فرکانس بالا. دلیل استفاده از ساختار تغذیه سه گانه در طرح پیشنهادی، پوشش باندهای فرکانسی عملیاتی BTS (۲۳۰۰/۱۹۰۰/۱۸۰۰/۹۰۰ مگاهرتز) با تطبیق امپدانسی خوب میباشد.



شایان ذکر است که تطبیق امپدانس و ایجاد رزونانس در آنتنهای میکرواستریپ نهتنها به خط تغذیه بستگی دارد، بلکه تحت تأثیر شکل و اندازه صفحه زمین نیز قرار میگیرد. در این طراحی با همکاری خط میکرواستریپ باریک شونده، با تغذیه سهگانه و تنظیم طول و عرض شاخههای انتهایی تغذیه و سایر پارامترهای فیزیکی آنتن، تطبیق امپدانس عالی حاصل شده و در نتیجه پهنای باند امپدانسی وسیعی حاصل میشود. در واقع، با استفاده از ساختار تغذیه سهگانه برای تحریک المآنهای تشعشعی آنتن، توزیع جریان عمودی روی صفحه تشعشع کنندهها به طور مؤثر افزایش می یابد، در حالی که توزیع جریان افقی کاهش می یابد و منجر به بهبود پهنای باند امپدانسی میشود. علاوه بر این، مقدار پیک بهره شبیه سازی شده آنتن پیشنهادی در شکل ۶ قابل مشاهده است.



شکل ۶: پیک بهره شبیهسازی شده آنتن Figure 6. Simulated antenna gain peak

میدانهای بازتاب شده در زیر زیرلایه در فرکانسهای ۸۰۰ و ۲۳۰۰ مگاهرتز در شکل ۷ با تحریک پورت-۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل، مشاهده میشود که تجمع میدانهای الکتریکی در زیر خط تغذیه در فرکانسهای پایین قویتر از فرکانسهای بالا است.



شکل ۲: (a) توزیع میدان در فرکانس ۲۳۰۰ مگاهرتز برای پورت ۱، (b) توزیع میدان در فرکانس ۸۰۰ مگاهرتز برای پورت ۱ Figure7. (a) Field distribution at 2300MHz frequency for port1, (b) Field distribution at 800MHz frequency for port1



شکل ۸: (a) توزیع میدان در فرکانس ۸۰۰ مگاهرتز برای پورت۲، (b) توزیع میدان در فرکانس ۲۳۰۰ مگاهرتز برای پورت ۲ Figure8. (a) Field distribution at 800MHz frequency for port2, (b) Field distribution at 2300MHz frequency for port2



(a) Cross شکل ۹: پترنهای تشعشعی شبیهسازی شده برای پورت-۱ و پورت-۲. خطوط سیاه برای پلاریزاسیون Co و خطوط قرمز برای پلاریزاسیون (a) پورت-۱ در ۲۳۰۰ مگاهرتز پورت-۱ در ۹۰۰ مگاهرتز، (b) پورت-۲ در ۹۰۰ مگاهرتز، (c) پورت-۱ در ۲۳۰۰ مگاهرتز، (b) پورت-۲ در ۲۳۰۰ مگاهرتز Figure 9. Simulated radiation patterns for port 1 and 2. Black lines for Co polarization and red lines for Cross polarization, (a) port 1 at 900MHz, (b) port 2 at 900MHz, (c) port 1 at 2300MHz, and (d) port 2 at 2300MHz

علاوه بر این، پترن های تشعشعی E-plane و H-plane آنتن در هر دو پورت در فرکانسهای مختلف (۸۰۰ و ۲۳۰۰ مگاهرتز) در شکل ۹ نمایش داده شده است. شکلهای ارائه شده نشان میدهند که آنتن دوبانده پیشنهادی دارای پترن تشعشعی بسیار پایدار در فرکانسهای ذکر شده است. با توجه به پترن های تشعشعی آنتن پیشنهادی، مشاهده میشود که در فرکانسهای بالاتر، مقداری اعوجاج در پترنهای تشعشعی به وجود میآید که این موضوع میتواند به تحریک مودهای بالاتر در فرکانسهای بالا مربوط باشد.

Table 1. Comparison of proposed antenna with similar antennas						
Ref.	Feed	Gain Peak [dB]	Bandwidth [GHz]	Size [mm ³]	Structure	
[12]	Double oval feeding shape	7/56 & 7/42	3/3 - 3/8 & 4/8 - 5/0	$60 \times 60 \times 18$	Complex	
[14]	Γ-shape	9/4 7/9	13/31% (0/8- 0/91) 19/76% (1/7-2/08)	$1/03\;\lambda\times 1/03\;\lambda\times 0/21\;\lambda$	Complex	
[15]	Strip	6/7	40% (0/7–1/05) 60.87% (1/6–3)	220×220×100	Complex	
[16]	Γ-shape	10/2	32.73% (0/69– 0/96) 45.45% (1/7–2/7)	360×360×31.5	Complex	
This work	Microstrip	10/47 11/40	{(0/852 - 0/986) (1/76-2/46)	222×222×42	Simple	

جدول ۱: مقایسه آنتن پیشنهادی با آنتنهای مشابه

۳-نتیجهگیری

یک آنتن ایستگاه پایه جدید که از دایپلهای متعامد، دو سری تغذیه سه گانه و یک ساختار منعکس کننده حفرهای تشکیل شده است، معرفی شده است. بررسی عملکرد آنتن پیشنهادی نشان میدهد که ویژگی دوگانگی پلاریزاسیون در دو باند فرکانسی به دست میآید و چندین باند فرکانسی مرتبط با ارتباطات تلفن همراه پوشش داده می شود. در طراحی ارائه شده، تکنیک تغذیه سهگانه اعمال شده، پهنای باند امپدانس آنتن را گسترش میدهد. همچنین با استفاده از ساختار منعکس کننده حفرهای شکل، یک پترن تشعشعی یک طرفه برای آنتن ایجاد می شود. پترن تشعشعی آنتن پایدار است و تغییر در مقدار پیک بهره در هر دو پورت کمتر از ۲ دسی بل است. در ساخت این آنتن از یک زیرلایه ROgers RO4003 با ابعاد ۱۶۸×۲۸ میلی متر مربع استفاده شده است. ساختار منعکس کننده حفرهای به ابعاد ۲۲۲×۲۲۲ میلی متر مربع و عمق ۴۲ میلی متر در زیر دایپلها نصب شده شده است. ساختار منعکس کننده حفرهای به ابعاد ۲۲۲×۲۲۲ میلی متر مربع و عمق ۴۲ میلی متر در زیر دایپلها نصب شده است. طبق نتایج شبیه سازی ایزولاسیون بالای ۹۹ دسی بل و بیشینه بهره ۱۱/۴۰ و ۱۰/۱۰ دسی بل به ترتیب در پورتهای ۱ و ۲ آنتن به دست آمده است. آنتن پیشنهادی با پوشش دو باند فرکانسی، برای ایستگاههای پایه موبایل جهت پشتیبانی از سیستمهای ارتباطی سیار که در باندهای فرکانس سامانه جهانی ارتباطات سیار/ باند ذخیره جهت برقراری مکالمه/ سامانه ارتباطهای شخصی/ سامانه جهانی مخابرات سیار و نسل چهارم ارتباطات سیار/ باند ذخیره می موایل جهت پشتیبانی از

مراجع

- B. Lindmark and M. Nilsson, "On the available diversity gain from different dual-polarized antennas," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 19, no. 2, pp. 287-294, 2001, doi: 10.1109/49.914506.
- [2] S. Qu, J. Li, and Q. Xue, "Bowtie Dipole Antenna with Wide Beamwidth for Base Station Application," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 293-295, 2007, doi: 10.1109/LAWP.2007.898543.

- [3] W. X. An, H. Wong, K. L. Lau, S. F. Li, and Q. Xue, "Design of Broadband Dual-Band Dipole for Base Station Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 3, pp. 1592-1595, 2012, doi: 10.1109/TAP.2011.2180336.
- [4] H. Zhai, Q. Gao, C. Liang, R. Yu, and S. Liu, "A Dual-Band High-Gain Base-Station Antenna for WLAN and WiMAX Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 876-879, 2014, doi: 10.1109/LAWP.2014.2321503.
- [5] M. Rezvani and P. Mohammadi, "Microstrip antenna with aperture reflector and C-shaped dipoles for LTE and wireless communications," *Int J Electron Commun (AEÜ)*, vol. 94, pp.12-18, 2018, doi: 10.1016/j.aeue.2018.06.041.
- [6] Q. X. Chu, D. L. Wen, and Y. Luo, "A Broadband ± 45° Dual-Polarized Antenna With Y-Shaped Feeding Lines," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 2, pp. 483-490, 2015, doi: 10.1109/TAP.2014.2381238.
- [7] Y. Gou, S. Yang, J. Li, and Z. Nie, "A compact dual-polarized printed dipole antenna with high isolation for wideband base station applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, no. 8, pp. 4392-4395, 2014, doi: 10.1109/TAP.2014.2327653.
- [8] A. Elsherbini, J. Wu, and K. Sarabandi, "Dual polarized wideband directional coupled sectorial loop antennas for radar and mobile base-station applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 63, no. 4, pp. 1505-1513, 2015, doi: 10.1109/TAP.2015.2392773.
- [9] V. Deillon and J-F. Zürcher, and A. K. Skrivervik, "A compact dual-band dual-polarized antenna element for GSM/DCS/UMTS base stations," *Microwave and Optical Technology Letters.*, vol. 40, no. 1, pp. 29-33, 2004, doi: 10.1002/mop.11277.
- [10] S. Chen and K. -M. Luk, "High performance dual-band dual-polarized magneto-electric dipole base station antenna," Asia-Pacific Microwave Conference, Sendai, Japan, 2014, pp. 321-323.
- [11] A. Vedaee and H. R. Hassani, "A novel compact dual-band dual-polarized microstrip patch antenna for GSM/DCS applications," *Microwave and Optical Technology Letters.*, vol. 58, no. 11, pp. 2557-2559, 2016, dio: 10.1002/mop.30099.
- [12] Q. Hua, Y. Huang, A. Alieldin, C. Song, T. Jia, and X. Zhu, "A Dual-Band Dual-Polarized Base Station Antenna Using a Novel Feeding Structure for 5G Communications," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 63710-63717, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2984199.
- [13] H. Zhai, K. Zhang, S. Yang, and D. Feng, "A Low-Profile Dual-Band Dual-Polarized Antenna With an AMC Surface for WLAN Applications," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 2692-2695, 2017, doi: 10.1109/LAWP.2017.2741465.
- [14] S. Khorasani, J. Nourinia, Ch. Ghobadi, A. Hatamian, and B. Virdee, "Dual- band magneto-electric dipole antenna with high-gain for base-station applications," AEU - International Journal of Electronics and Communications, vol. 134, p. 153696, May 2021, dio: 10.1016/j.aeue.2021.153696.
- [15] A. Alieldin, Y. Huang, S. J. Boyes, M. Stanley, S. D. Joseph, and B. Al-Juboori, "A Dual-Broadband Dual-Polarized Fylfot-Shaped Antenna for Mobile Base Stations Using MIMO Over-Lapped Antenna Subarrays," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 50260-50271, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2868817.
- [16] H. Huang, X. Li, and Y. Liu, "A dual-broadband base station antenna with ikebana-like arrangement scheme," *Microw Opt Technol Let.*, vol. 62, no. 2, pp. 708-713, 2019, doi: 10.1002/mop.32050.