جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات

تحسين أداء هوائي شرائحي متعدد المجالات الترددية بالاعتماد على بنية الثغرة الكهرطيسية

Improving the Performance of Multi-Band Microstrip Patch Antenna Based on the Electromagnetic Band Gap Structure

إعداد: م. محمد وليد بيرم
الدكتور المشرف: أ.د.م فريز عبود

الملخص

نقدم في هذا البحث دراسة، تصميم وتحليل لهوائي شرائحي ثنائي المجالات الترددية بربح مُحسن للعمل في شبكات الجيل الخامس المستقلة للاتصالات الخليوية. يتكون الهوائي الشرائحي المدروس من شريحتين نحاسيتين مستطيلتين على الوجه العلوي لعازل كهربائي بحيث تشع كلٍ منها عند مجال ترددي محدد بالإضافة إلى مجموعة من خلايا ثغرة المجال الكهرطيسي التي تكون محيطة بالشريحتين من كل الجهات. تم تغذية الهوائي باستخدام خط نقل شرائحي ميكروي وبما يحافظ على توافق الممانعات بين خط التغذية والممانعة المنظورة من مدخل الهوائي. تم استعراض مفهوم الأمواج السطحية وآثارها السيئة على ربح الهوائي الشرائحي ومن ثم كيفية التغلب عليها باستخدام الخلايا المذكورة. تم تصميم أبعاد الخلية الواحدة والبنية الدورية للشبكة المكونة من الخلايا بحيث تجعل الهوائي يقدم ربحاً جيداً والذي وصل إلى حدود 21 dB على المجال الترددي الأعلى مع عرض مجال ترددي مقبول. بينت النتائج أن الهوائي يعمل عند ترددي التصميم بكفاءة عالية مُوضحة في عامل الانعكاس عند الدخل والاستجابة الترددية على مخطط سميث بالإضافة إلى مخططات نمط الإشعاع بالسمت.

القسم النظري

1) تاريخ نظم الاتصالات الخلوية ومفاهيم في جيل الاتصالات الخامس.
2) دراسة نظرية للهوائيات الشرائحية وأساليب التغذية.
3) دراسة نظرية لمشاكل الهوائي الشرائحي و الأمواج السطحية.
4) دراسة نظرية للخلايا انتقائية التردد (خلايا ثغرة المجال الكهرطيسي).

القسم العملي

1) مقدمة عن برمجية محاكاة وتحليل بنيات التردد العالي HFSS.
2) تصميم الهوائي ليعمل عند المجال الترددي الأول.
3) تعديل تصميم الهوائي ليعمل عند المجال الترددي الثاني.
4) تصميم وتحليل الخلايا انتقائية التردد (خلايا ثغرة المجال الكهرطيسي).
5) تحسين أداء الهوائي باستخدام شبكة الخلايا.

النتائج والمناقشة

1) قدمنا في هذا البحث دراسة وتحليل وتصميم لهوائي شرائحي ثنائي المجالات الترددية محسن الربح باستخدام بنية خلايا ثغرة المجال الكهرطيسي الدورية على شكل شبكة محيطة بالعنصر المشع على الوجه العلوي للعازل حيث يعمل الهوائي في المجالات الترددية الجديدة للجيل الخامس في جوار 30 و 60 غيغاهرتز.
2) اقترحنا تصميماً محدداً للعنصر المشع بحيث يتألف من شريحتين مستطيلتين كل منها مسؤول عن الإشعاع عند مجال ترددي معين بحيث الشريحة الأولى متصلة مباشرةً بخط التغذية الميكروي الشرائحي أما الشريحة الثانية فيتم تغذيتها بأثر الترابط مع الشريحة الأولى. تمت مراعاة اعتبارات توافق الممانعات بين خط التغذية والممانعة المنظورة من مدخل الهوائي.
3) استعرضنا أنواع خلايا EBG وبينا الأثر السيء لخلية Mushroom EBG والمتمثل بأثر التيارات المتدفقة بين الخلية والأرضي عبر البرغي. تم تصميم خلية نوع Uniplanar-EBGباستخدام عدد من المعادلات التي تعطي صورة تقريبية جيدة عن الأبعاد كما تم تحليل الخلية باستخدام المبدئ العام ومعامل الانعكاس لتبيان عملها عند المجال الترددي المطلوب.
4) تم تشكيل شبكة من هذه الخلايا ليتم استخدامها حول العنصر المشع، ثم أجرينا دراسة عددية لتحديد البعد الأمثل بين شبكة الخلايا هذه والعنصر المشع بحيث نحصل على أثر تحسن قيمة الربح مع المحافظة على قيمة جيده لمعامل الانعكاس عند مدخل الهوائي لا نرى فيها أثر ترابط الخلايا مع العنصر المشع. ثم تم صياغة معادلة عامة للبعد الأمثل تعطي صورة تقريبية عن هذه القيمة.
5) في كل عمليات المحاكاة، اعتمدنا على رسم وتحليل منحني معامل الانعكاس عند مدخل الهوائي بالنسبة للتردد، الاستجابة الترددية للهوائي المتمثلة بممانعة الدخل Zinput بالنسبة للتردد على مخطط سميث، رسومات توضيحية تعبر عن شدة الحقل الكهربائي على سطح الهوائي، مخططات الربح بالسمت والمخططات ثلاثية الأبعاد.

المراجع

1.Waqas H. Syed. (2015). On the Control of Surface Waves in Integrated Antennas. Delft University of Technology. ISBN 978-94-6186-482-6.
2.Mahesh Abegaonkar., Lalithendra Kurra., & Shiban Kishen Koul. (2017). Printed Resonant Periodic Structures And Their Applications. CRC Press.
3.Osman Ayop., & Mohamad Kamal A Rahim. (2011). Analysis of Mushroom-like Electromagnetic Band Gap Structure Using Suspended Transmission Line Technique. IEEE International RF and Microwave Conference.
4.Alexander Kukushkin. (2018). Introduction to Mobile Network Engineering, GSM, 3G-WCDMA, LTE and the Road to 5G. John Wiley & Sons, Ltd..
5.Martin Sauter. (2014). FROM GSM TO LTE-ADVANCED AN INTRODUCTION TO MOBILE NETWORKS AND MOBILE BROADBAND. John Wiley & Sons, Ltd..
6.Christopher Cox. (2014). AN INTRODUCTION TO LTE LTE, LTE-ADVANCED, SAE, VoLTE AND 4G MOBILE COMMUNICATIONS. John Wiley & Sons, Ltd..
7.Jonathan Rodriguez. (2015). Fundamentals of 5G Mobile Networks. John Wiley & Sons, Ltd..
8.Saad Z. Asif. (2019). 5G Mobile Communications Concepts and Technologies. CRC Press Taylor & Francis Group.
9.Flynn, K. (2021). Release 16. 3gpp.org. Retrieved 22 June 2021, from https://www.3gpp.org/release-16.
10.5G Network Architecture Options (Updated). Blog.3g4g.co.uk. (2021). Retrieved 30 June 2021, from https://blog.3g4g.co.uk/2018/10/5g-network-architecture-options-updated.html.
11.5G Spectrum ©3G4G ITU WRC-15 Report from NTT Docomo Technical Journal 5G or IMT-2020 Frequencies being studied by ITU.
12.Hiroyuki Atarashi., Takumi Togi., Masayoshi Tachiki., Akira Hashimoto. (2015). Standardization of Mobile Phone Spectrum. ITU World Radicommunication Conference (WRC-15) Report.
13.Tahsin Ferdous Ara Nayna., A. K. M. Baki. (2014). Comparative Study of Rectangular and Circular Microstrip Patch Antennas in X Band. International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT).
14.Bevelacqua, P. (2021). Antenna-Theory.com - Rectangular Microstrip (Patch) Antenna - Feeding Methods. Antenna-theory.com. Retrieved 1 July 2021, from https://www.antennatheory.com/antennas/patches/patch3.php.
15.Prakash Kuravatti. (2018). Comparison of Different Parameters of the Edge Feed and the Inset Feed Patch Antenna. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. Volume 13, Number 13.
16.Tejal B Tandel. (2015). Rectangular Microstrip Patch Antenna Using Coaxial Probe Feeding Technique for 5.2 GHz WLAN Application. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 7.
17.Sunandan Bhunia. (2013). Microstrip Patch Antenna's Limitation and Some Remedies. International Journal of Electronics & Communication Technology. IJECT Vol. 4, Issue Spl - 1.
18.Daniel Frederic Sievenpiper. High-Impedance Electromagnetic Surfaces. University of California, Los Angeles.
19.Maxwell Eqns, EM Waves. Galileo.phys.virginia.edu. (2021). Retrieved 1 October 2021, from http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Maxwell_Eq.html.
20.An Introduction to HFSS, Fundamental Principles, Concepts, and Use. (2013). ANSYS, Inc.
21.Harvesh Singh Panwar., Firoz Khan., & Puneet Khanna. (2013). Design & Analysis of Square Microstrip Patch Antenna. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). ISSN: 2277-3878, Volume-2, Issue-3.
22.P. A. Nawale., & Prof. R.G. Zope. (2014). Design and Improvement of Microstrip Patch Antenna Parameters Using Defected Ground Structure. Int. Journal of Engineering Research and Applications. ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 6(Version 3).
23.em: talk - Microstrip Patch Antenna Calculator. Emtalk.com. (2021). Retrieved 1 July 2021, from http://www.emtalk.com/mpacalc.php.
24.Prakash Kuravatti. (2018). Comparison of Different Parameters of the Edge Feed and the Inset Feed Patch Antenna. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. Volume 13, Number 13.
25.RF, e., Calculators, R., & Calculator, M. (2021). Microstrip Width Calculator. Everythingrf.com. Retrieved 1 July 2021, from https://www.everythingrf.com/rf-calculators/microstrip-width-calculator.
26.(2021). Retrieved 1 July 2021, from https://www.researchgate.net/post/What-are-the-dimensions-of-a-micro-strip-line-circular-patch-antenna-at-85GHz.
27.S.Gnanamurugan., B.Narmadha2., & A.Shamina3 and M.Sindhu4. (2017). Gain and Directivity Enhancement of Rectangular Microstrip Patch Antenna using HFSS. Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST). Volume 1, Issue 2, Pages 127-131.
28.Rajshri C. Mahajan· Vibha Vyas. (2019). Verification, enhancement and mathematical analysis of EBG structure using complex geomsetrical shapes and eigenmode analysis approach. Springer Nature Switzerland AG.
29.Mikko K. Kärkkäinen., & Pekka M. T. Ikonen. (2005). Finite-Difference Time-Domain Modeling of Frequency Selective Surfaces Using Impedance Sheet Conditions. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION. VOL. 53, NO. 9.
30.Jingkun Zeng. (2013). Compact Electromagnetic Band-Gap Structures (EBG) and Its Applications in Antenna Systems. University of Waterloo.
31.Osman Ayop., & Mohamad Kamal A Rahim. (2011). Analysis of Mushroom-like Electromagnetic Band Gap Structure Using Suspended Transmission Line Technique. IEEE International RF and Microwave Conference.
32.N. B. Tesneli., C. Tangel., M. H. Nisanci., & A. Y. Tesneli. (2016). Investigation of an Optimal Distance between the Microstrip Patch Antenna and the Surrounding Electromagnetic Bandgap Structure. Progress In Electromagnetic Research Symposium (PIERS).
33.F. Caminita., S. Costanzo., G. Di Massa., S. Maci., G. Mauriello., I. Venneri., & G. Guarnieri. (2010). Patch Arrays Integrated with an EBG-Surface. URSI International Symposium on Electromagnetic Theory.
34.Fan Yang. (2003). Microstrip Antennas Integrated With Electromagnetic Band-Gap (EBG) Structures: A Low Mutual Coupling Design for Array Applications. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION. VOL. 51, NO. 10.
35.Jayapriya., Inisha., Jayashree., Sreedevi. (2019). DESIGN AND SIMULATION OF MM WAVE SIERPINSKI ANTENNA LOADED WITH UNIPLANAR EBG FOR 5G APPLICATIONS. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 06 Issue: 03.