

Küçük Boyutlu Saçak Açıklıklı ve Toprak Düzleminde Boşluk Açılmış Geniş Bant Mikroşerit Anten Tasarımı

Small Fringed Cavity and Slotted Ground Plane Broadband Microstrip Antenna Design

Abdurrahim TOKTAŞ*

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

*Sorumlu yazar: atoktas@kmu.edu.tr

Öz

Mikroşerit antenler, kompakt yapıları ve baskı devre teknolojisi ile entegre ve kolay üretimi gibi avantajlarından dolayı son yıllarda haberleşme, savunma ve biyomedikal alanında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu uygulamalara yönelik küçük ve geniş bant anten tasarımı önem kazanmıştır. Bu çalışmada, 6.19 – 13.71 GHz rezonans frekans aralığında çalışan 14,8 x 16,8 mm² boyutlarında bir mikroşerit anten Hyperlynx 3D EM benzetim yazılımı ile tasarlanmıştır. Antenin ışılan elemanı saçaklı bir monopolden ve boşluklu bir toprak düzleminde oluşmaktadır. Antenin tasarımının önemli basamakları, rezonans bant genişliği bakımından incelenmiştir. Ayrıca önerilen antenin performansı, empedans bant genişliği, ışımaya örüntüsü ve kazanç grafikleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu sonuçlar, önerilen anten tasarımının küçük boyutlu ultra geniş bant uygulamalar için uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit anten, ultra geniş bant anten, küçük anten, saçaklı anten

Abstract

Microstrip antennas have been used extensively in the field of communication, defense and biomedical in recent years due to their compact structure and advantages such as integrated and easy production with printed circuit technology. Therefore, the design of small and broadband antennas for these applications has gained importance. In this study, a 14,8 x 16,8 mm² microstrip antenna operating in the resonant frequency range of 6.19

– 13.71 GHz was designed through Hyperlynx 3D EM simulation software. The radiating element of the antenna consists of a fringed monopole and a slotted ground plane. The important stages of the design of the antenna were examined in terms of the resonance bandwidth. Moreover, the proposed antenna was analyzed in view of some performance metrics such as the impedance bandwidth, radiation pattern and gain graphs. These results show that the proposed antenna design is suitable for small size ultra-wideband applications.

Key words: Microstrip antenna, ultra-wideband antenna, small antenna, fringed antenna

1. Giriş

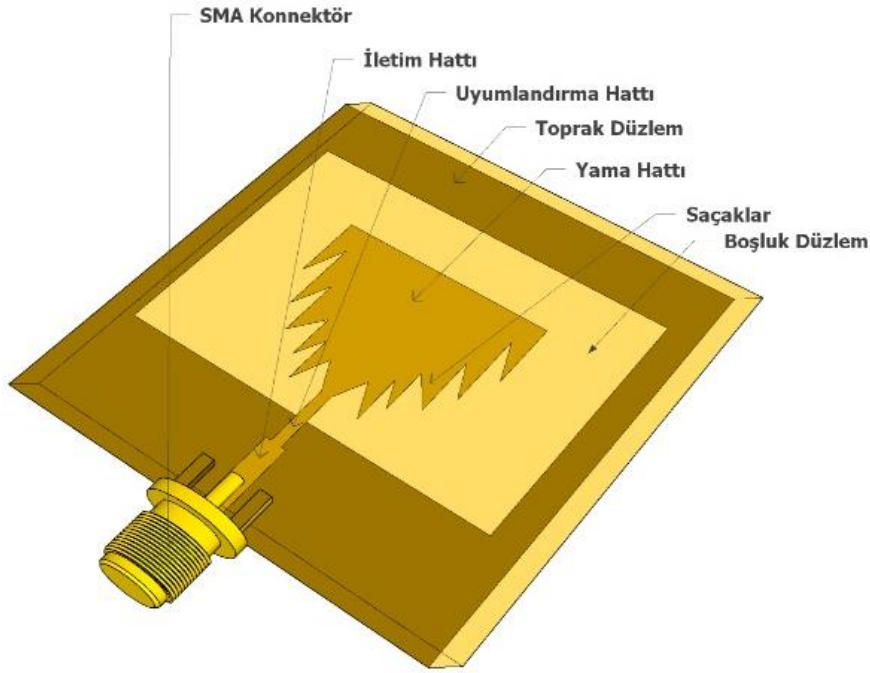
Kablosuz haberleşme sistemleri son yirmi yıldır hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bu hızlı gelişmenin, kablosuz servislere olan talebin sürekli olarak artmasından dolayı gelecekte de devam edeceği beklenmektedir. Yeni nesil kablosuz gezgin radyo sistemlerinin amacı gezgin kullanıcıların esnek veri hızlarında (yüksek, orta, yavaş) ve farklı uygulamalarda örneğin; ses, video ve veri transferi gibi iletişim yapabilmesini desteklemektir [1]. Ancak bunu sağlarken frekans spektrumu kullanımı ve güç tedariki gibi iki önemli sınırlayıcı faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir [2] Yüksek hız ve kapasite talebi, yeni nesil ultra geniş bant (UGB) araştırmalara yol açmıştır. UGB, 3.1-10.6 GHz düzeyinde lisanssız geniş bir bant düşük güç seviyelerinde bulunur [3]. Bantın son derece geniş olmasından dolayı, UGB ve dar bant sistemi arasındaki parazit önemli bir husustur. UGB antenlerinin tasarımı, geleneksel antenlere göre çok daha zordur. Geleneksel geniş bant antenler, bozulma olmadan UGB sinyallerini iletmez. Aynı anda geniş bir frekans aralığını iletmek ve bu nedenle anten performansı operasyonel bant boyunca tatmin edici olmalıdır. UGB antende, tüm bant boyunca 2 V' dan daha düşük voltaj ve sabit dalga oranına (VSWR) karşılık gelen iyi bir empedans uyumu sağlamalıdır. Yeterli bir empedans bant genişliği elde etmenin yanı sıra, optimum dalga alımı ve iletimi için dağılmayan bir davranış da gereklidir. Geniş bir empedans bant genişliği sağlamak ve hala yüksek radyasyon verimliliğini sağlamak, UGB anten tasarımındaki ana zorluklardan biridir. Sonlu uzunluktaki dipol gibi basit antenler, geniş bant genişlikleri boyunca sabit karakteristikler sağlayamazlar [4]. UGB antenlerinin tasarımı, küçük mobil terminaller için daha da zordur. Bir anten yapısının çalışma frekans bandının geometrik boyutlarını genişleterek daha düşük bir frekans bandına kaydırılabildiği iyi bilinmektedir.

Öte yandan, çalışma frekans bandı geometrik boyutlarını daraltarak daha yüksek bir frekans bandına kaydırılabilir. Birçok pratik durumda, bir antenin tüm parametrelerinin aynı ölçeklendirme faktörü ile ölçeklendirilmesi, optimum çözümü sağlayamaz ve performans önemli ölçüde düşebilir [5]. 2004 yılında yapılan bir çalışmada $30 \times 35 \text{ mm}^2$ boyutunda 3,2-12,0 GHz frekansında besleme hattının bittiği ve yama hattın başladığı kısımda merdiven şeklinde kesitler uygulanmış UGB bir anten tasarlanmıştır [6]. Yine 2005 yılında benzer kesit yöntemiyle 3,1-11,0 GHz frekansında $16 \times 18 \text{ mm}^2$ boyutunda UGB bir anten tasarlanmıştır [7]. 2015 yılında $25 \times 26 \text{ mm}^2$ boyutunda ve 3,1-12,3 GHz frekans bandında çalışan dairesel kesitli bir UGB anten sunulmuştur [8]. 2016 yılında $23 \times 31 \text{ mm}^2$ boyutlarında 2.6-18.2 GHz bandında çalışan üçgen monopol ışıyıcıya sahip bir anten önerilmiştir [9]. Bir diğer çalışmada 2019 yılında $8 \times 27,5 \text{ mm}^2$ boyutunda 2,8-12,6 GHz frekansında çalışan bir UGB anten tasarlanmıştır [10]. Bu çalışmada, 6.19 – 13.71 GHz rezonans frekans aralığında çalışan $14,8 \times 16,8 \text{ mm}^2$ boyutlarında bir mikroşerit anten Hyperlynx 3D EM benzetim yazılımı ile tasarlanmıştır. Antenin ışıyan elemanı saçaklı bir monopolden ve boşluklu bir toprak düzlemden oluşmaktadır. Anten tasarımının önemli basamakları, rezonans bant genişliği bakımından incelenmiştir.

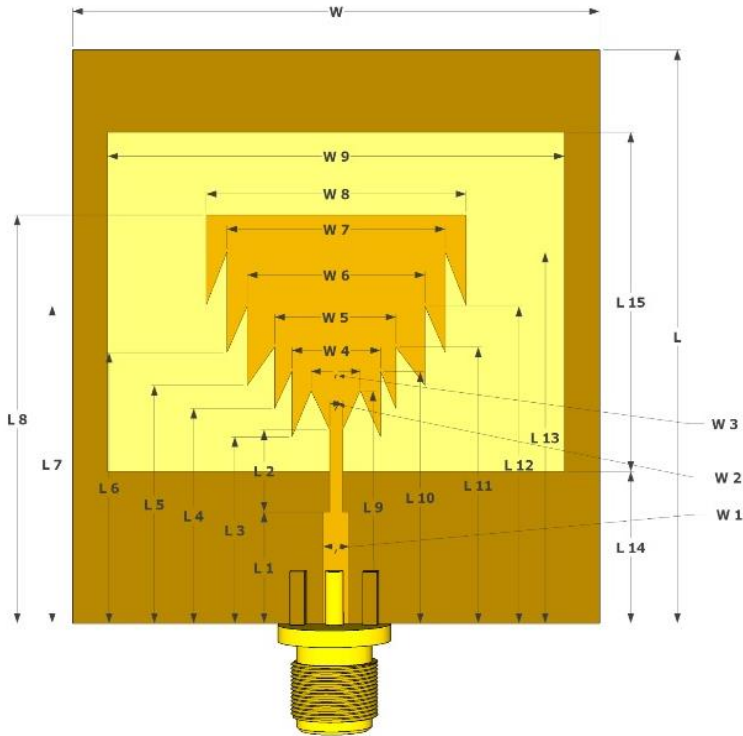
2. Materyal ve metot

Bu bölümde önce UGB uygulamaları için önerilen mikroşerit baskılı monopol antenin tasarım aşamalarına yer verilmekte ve sonrasında optimum anten performansı değerlendirilmiştir. UGB aralığında çalışan bir antenin tasarlanması için, dikdörtgen şekilli yayılan eleman üzerinde dikdörtgen ve üçgen şekilli saçaklar oluşturulur ve boyutlar optimize edilmiştir. Bir dizi parametrik çalışma sonucunda uygulama frekanslarının istenilen değerlere optimizasyonu ile Şekil 1’de görülen anten konfigürasyonu elde edilmiştir. Şekil 1 de gösterilen FR4 mikrodalga plaketi üzerine basılı anten ($\epsilon_r = 4.4$, kalınlık $h = 1.6 \text{ mm}$) mikroşerit hattı tarafından 50 Ohm direnç ile beslenmiştir. Mikroşerit rezonatörler besleme hattına kompakt ve bant genişliği empedansını artırmak için dikey ve yatay olarak bağlanır, zemin düzlemin boyutları UGB çalışması için optimize edilmiştir. Optimize edilmiş tasarıma ait ölçüler ise Tablo 1, Şekil 2’ de ayrıntılı olarak verilmiştir.

2.1. Anten tasarımı



Şekil 1. Antenin üç boyutlu görünümü



Şekil 2. Boyutlandırılmış antenin önden görünüm

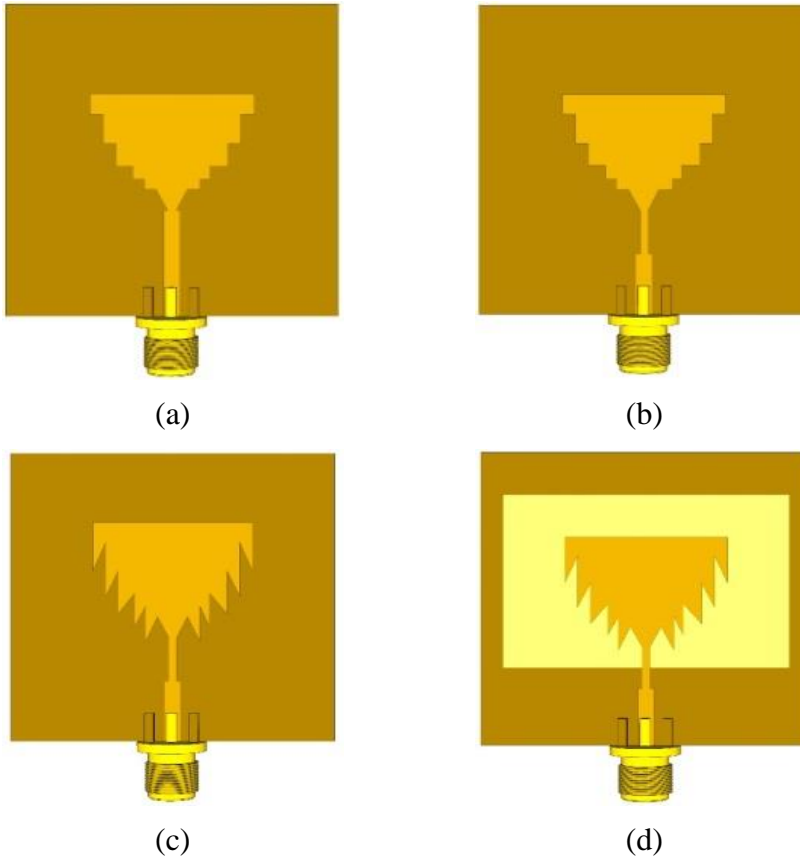
Tablo 1

Anten ölçüleri (Birim: mm)

L = 16,8	L10 = 6,8	W2 = 0,4
L2 = 2,4	L11 = 8	W3 = 0,4
L3 = 4,4	L12 = 9,6	W4 = 1,6
L4 = 5,6	L13 = 11,6	W5 = 2,8
L5 = 6	L14 = 4,2	W6 = 4,8
L6 = 8,4	L15 = 14,8	W7 = 6,4
L7 = 9,6	W = 14,8	W8 = 8
L8 = 13,2	W1 = 1,2	W9 = 12,8
L9 = 6		

2.2. Antenin tasarım aşamaları

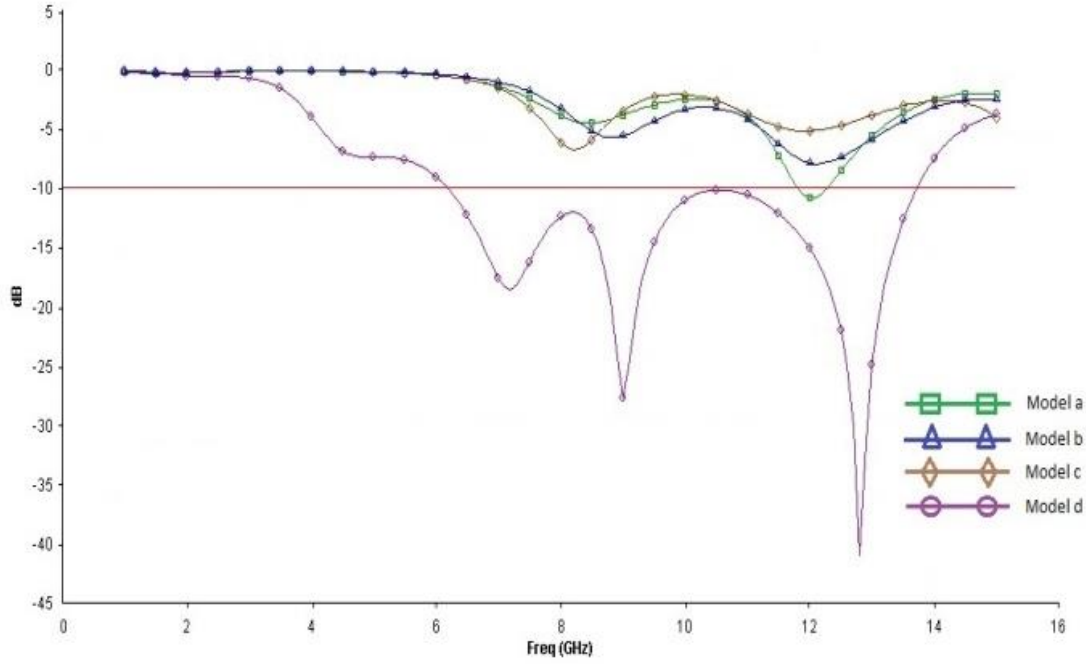
Tasarım sürecinde üçgenel saçakların ışıma üzerinde etkilerini daha iyi görebilmek için nihai anten dört evrede tasarlanmıştır. Tasarım evreleri Şekil 3'de Model-a, b, c ve d olmak üzere dört adımda gösterilmiştir.



Şekil 3. Anten tasarım aşamaları: a) Model-a, b) Model-b, c) Model-c, d) Model-d

Şekil 3’de görüldüğü üzere model antenin tasarım aşamasında üç farklı anten modelinin değişimleri incelenmiş olup, nihai Model-d antenler arasındaki ilişki gösterilmeye çalışılmıştır. Model-a anten tasarımında iletim hattının uyumluluğu 50 Ohm olarak sağlanmıştır. Model-b anten tasarımında iletim hattına empedans uyumlandırma hattı ilave edilerek etkisi incelenmiştir. Model-c anten tasarımında yama hattına saçak eklenerek saçak etkisi incelenmiştir. Model-d anten tasarımında toprak düzlemindeki boşluğun etkisi incelenmiş ve model anten tasarımı tamamlanmıştır.

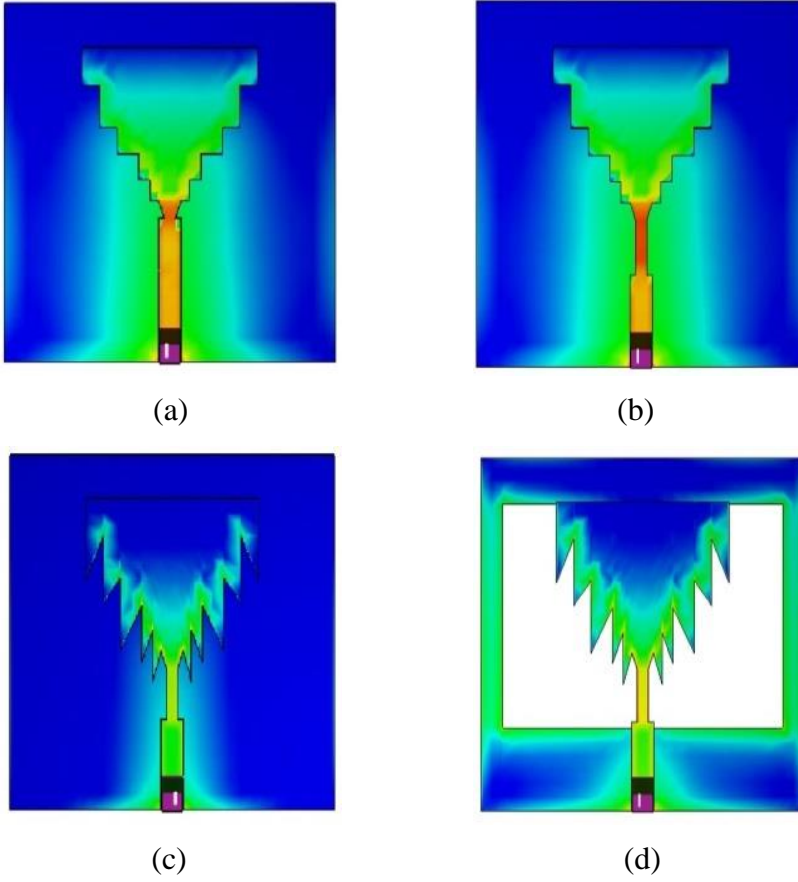
Şekil 4’te görüldüğü üzere simülasyon sonuçlarına göre dört farklı anten aşamalarının S_{11} parametreleri incelenmiş -10 dB altı Model-d antenin 6.19 – 13.71 GHz aralığında sinüzoidal bir karakteristiğe sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 4 farklı tasarımın karşılaştırmalı geri dönüş kaybı ($-S_{11}$) grafikleri

2.3. Anten yüzey akım dağılımı

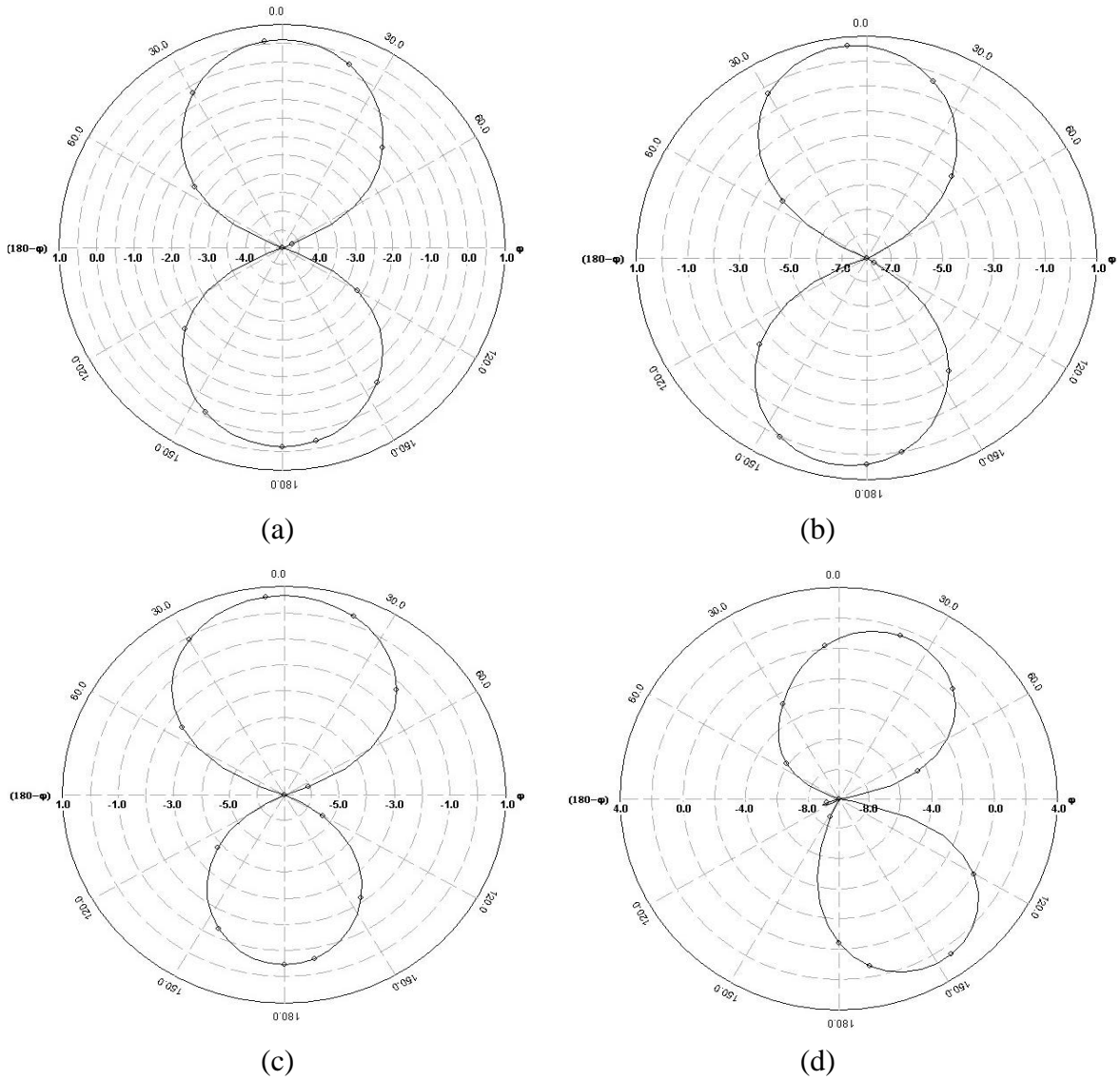
Şekil 5’de dört farklı antenin yüzey akım dağılım grafikleri gösterilmiş olup, Model-a’da akımların iletim hattının uç kısımlarında yoğunlaştığı görülmüştür. Model-b’ de akımların empedans uyumlandırma hattında yoğunlaştığı görülmüştür. Model-c’de akımların saçak uç kısımları yoğunlaştığı görülmüştür. Model-d’de ise toprak düzleminde verilen boşluğun akımları daha düzgün ve eşit bir şekilde dağıttığı görülmüştür.



Şekil 5. Modellerin yüzey akım dağılım grafikleri: a) Model-a, b) Model-b, c) Model-c, d) Model-d

2.4. Işıma örüntüsü

Önerilen antenin iki boyutlu ışım grafikleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Monopol yapısından dolayı yönsüze yakın ışım dağılımı göstermektedir. Bununla beraber, 0 ve 18 derece yönleri civarında ışım en fazla yöne sahiptir.



Şekil 6. Işıma kazanç grafikleri: a) 7,2 GHz (x - z düzlemi), b) 7,2 GHz (y - z düzlemi), c) 12,8 GHz (x - z düzlemi), d) 12,8 GHz (y - z düzlemi)

3. Sonuç

Bu çalışmada $14,8 \times 16,8 \text{ mm}^2$ boyutlarında 6,19 – 13,71 GHz frekans aralığında çalışan oldukça küçük ve kompakt saçaklı bir ışıyıcıya ve toprak düzleminde boşluk açılmış bir UGB anten tasarımı sunulmuştur. Antenin tasarım aşamaları ve diğer model antenler ile arasındaki ilişki gösterilmiştir. Simülasyon sonuçları incelendiğinde, küçük yapısından ve yönsüze yakın ışımaya özelliğinden dolayı, önerilen antenin özellikle internet erişim (access point) cihazları için uyumlu bir model olduğu anlaşılmaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] Godara, Lal Chand, ed. Handbook of antennas in wireless communications. Vol. 4. CRC press, 2018.
- [2] Kobb, Bennett Z. Wireless Spectrum Finder: Telecommunications, Government and Scientific Radio Frequency Allocations in the US 30 MHz-300 GHz. McGraw-Hill, Inc., 2001.
- [3] FCC, First Report and Order, Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, FCC02-48, April 2002.
- [4] Galvan-Tejada, Giselle M., Marco Antonio Peyrot-Solis, and Hildeberto Jardón Aguilar. Ultra wideband antennas: design, methodologies, and performance. CRC Press, 2015.
- [5] Schantz, Hans Gregory. "Introduction to ultra-wideband antennas." IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, 2003. IEEE, 2003.
- [6] Choi, Seok H., et al. "A new ultra-wideband antenna for UWB applications." Microwave and optical technology letters 40:5 (2004): 399-401.
- [7] Jung, Jihak, Wooyoung Choi, and Jaehoon Choi. "A small wideband microstrip-fed monopole antenna." IEEE microwave and wireless components letters 15:10 (2005): 703-705.
- [8] Toktas, Abdurrahim, and Ali Akdagli. "Compact multiple-input multiple-output antenna with low correlation for ultra-wide-band applications." IET Microwaves, Antennas & Propagation 9:8 (2015): 822-829.
- [9] Toktas, Abdurrahim, Mehmet Yerlikaya, and Enes Yiğit. "Microstrip-fed Triangular UWB Microstrip Antenna Based on DGS." International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers 4 (2016): 43-47.
- [10] Toktas, Abdurrahim, and Mehmet Yerlikaya. "A compact reconfigurable ultra-wideband G-shaped printed antenna with band-notched characteristic." Microwave and Optical Technology Letters 61:1 (2019): 245-250.