

## ÇOK BANTTA ÇALIŞAN DİKDÖRTGEN EKSİLTMELİ FRAKTAL YAPIDA YARIKLI ANTEN TASARIMI

Gökhan ALTINEL, Mesud KAHRİMAN\*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Isparta,  
Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
<i>Fraktal Anten</i> <i>Mikroşerit Anten</i> <i>Çift Bant Anten</i> <i>Yama Anten</i>	Günümüzde kullanımı hızla artan kablosuz bilgisayar ağ şebekelerinde ve gezgin kişisel haberleşme sistemlerinde birden çok frekans bandında çalışacak haberleşme uç birimlerinin ihtiyacı duyulmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte mikrodalga antenleri içerisinde kullanım alanı oldukça yaygınlaşan mikroşerit antenlerin yama anten çeşidi incelenmiştir. Bu çalışmadaki ki amacımız fraktal yapıda yarıklı, 2450 MHz ve 5800 MHz frekanslarını da kapsayacak, farklı frekans bantlarında çalışacak sistemlere ait uç birim elemanı olarak kullanılacak mikroşerit yama anten tasarlamaktır. Yapılan özgün anten tasarım çalışması ve bilgisayar benzetim sonuçları sunulmuştur. Dikdörtgen eksiltmeli antenin $S_{11}$ Parametreleri 2450 MHz ve 5800 MHz için sırasıyla -21 dB ve -14.9 dB olarak tespit edilmiştir. Bant genişliği 2.45 GHz'de 40 MHz, 5.8 GHz 'de 710 MHz 'dir.

## RECTANGULAR DECIDED FRACTAL STRUCTURE MULTI BAND SLOT ANTENNA DESIGN

Keywords	Abstract
<i>Fractal Antenna,</i> <i>Microstrip Antenna,</i> <i>Dual Band Antenna,</i> <i>Patch Antenna,</i>	The usage of wireless computer network and mobile personal communication systems has been increasing nowadays. Related to that, end communication units, which can work in several frequency bands, are required. In this study, we examined the patch antenna, which is a model of the microstrip antennas that are widely using in microwave antennas by the recent technological advancements. The main purpose of this study is to design a microstrip patch antenna which will be used as an end-unit element in systems, which are slotted in fractal structure, and able to work in several frequency bands just as 2450 MHz-5800 MHz's The study of original antenna design and the results of computer simulation are presented. The $S_{11}$ parameters of the detracted rectangular antenna are -21 dB in 2.45 GHz and -14.9 dB in 5.8 GHz. The bandwidth is 40 MHz in 2.45 GHz and 710 MHz in 5.8 GHz.

### 1. Giriş

Yüksek performans gerektiren araçlar, uçaklar, uzay araçları, radar sistemleri, uydu ve füze uygulamaları gibi pek çok alanda; düşük maliyet, performans, kolay kurulum ve modern baskı devre teknolojisiyle üretim gibi avantajlarından dolayı mikroşerit antenler, mikrodalga antenleri içerisinde popüler bir anten çeşidi haline gelmiştir. Mikroşerit yama anten kavramı ilk kez Deschamps (1953) tarafından ortaya atılmış, sonrasında Gutton ve Baissinot tarafından bir mikroşerit antene patent alınmıştır. Ancak iyi dielektrik tabanların mevcut olmaması nedeniyle ilk pratik mikroşerit antenler 1970'lerin başında Howel ve Munson tarafından geliştirilmiştir.

Geniş kullanım alanlarından da anlaşılacağı gibi mikroşerit antenler bir çok avantaja sahiptir, ancak her teknolojiye olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Yaklaşık olarak 100 MHz 'den 50 GHz'e kadar geniş bir frekans aralığında kullanılan mikroşerit antenlerin bilinen mikrodalga antenlerine göre üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz. Hafif ve küçük hacimli olması, düşük üretim maliyeti, düzlemsel biçimliliği nedeniyle kullanışlı olması, çok ince biçimli yapılabilmesi nedeniyle uzay araçlarının aerodinamik yapısını bozmamaları, düşük saçılma ara kesitine sahip olmaları olarak sıralanabilir. Basit yapıları dolayısıyla baskı devre teknolojisi ile kolayca üretilebilirler. Mekanik olarak da dayanıklıdırlar.

\* İlgili yazar/Corresponding author: [mesudkahrیمان@sdu.edu.tr](mailto:mesudkahrیمان@sdu.edu.tr), +90-246-211-1371

Uygun tasarlandıklarında çeşitli rezonans frekansı, polarizasyon, ışımaya paterni ve empedans özelliklerini sağlarlar.

Mikroşerit antenlerin en önemli dezavantajı dar bant genişliğidir. Empedans frekans davranışı çalıştıkları frekans bandını daraltır. Dar bant genişliği bazı uygulamaların güvenliği açısından avantaj sağlasa da geniş bant uygulamaları için önemli bir sorundur. Diğer dezavantajları, çeşitli kayıplar sonucu düşük kazançlı olmaları, düşük endfire ışımaya performansı, besleyici ve ışımaya elemanı arasındaki zayıf yalıtım ve düşük güç kapasitesi olmasıdır.

Hazırlanan çalışmada, HFSS benzetim programı kullanılarak 2450 MHz ve 5800 MHz frekanslarında rezonans gelen fraktal yapılu mikroşerit yama anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antene ait Yansıma katsayısı parametreleri ve üç boyutlu ışımaya örüntüleri tespit edilmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Kablosuz haberleşmenin yaygınlaşması ile haberleşmede, ihtiyaca ve duruma göre farklı frekans bantları kullanılmaktadır. Tek anten ile farklı frekans bantlarındaki haberleşme ihtiyacının karşılanması amacıyla, geniş bantta çalışan veya ayırık çoklu bantlarda çalışan anten tasarımları yapılmaktadır. Aşağıda farklı özelliklere sahip mikroşerit yapıda özgün anten tasarımlarında bazıları sunulmuştur.

W.J. Lui, ve arkadaşları, 2.66 GHz ile 10.76 GHz aralığında çalışan mikroşerit anten yapmışlardır. Önerdikleri antenin kazancı 5.8 GHz de 1.5 dBi, yansıma katsayısı ise 2.66 GHz'de -15 dB'dir. Antenin bant genişliği 8.1 GHz olup boyutları 48 mm x 41 mm olarak verilmiştir (Lui vd., 2005).

D.D. Krishna ve arkadaşlarının 2009 yılı-nda önerdikleri anten 2.33 GHz ile 6.19 GHz aralığında çalışmakta olup, geniş bantta fraktal yapıda yarıklı anten özelliklerine sahiptir. Antenin çalışma frekansı, WLAN bant uygulamaları için kullanılan 2.4/5.2/5.8 GHz ve WiMAX uygulamaları için kullanılan 2.5/3.5/5.5 GHz frekanslarını kapsamaktadır. Önerdikleri antenin boyutları 29 mm x 38 mm olup, bant genişliği 3.86 GHz olarak ifade edilmektedir. Antenin yansıma katsayısı 2.45 GHz'de -25 dB olup kazancı 2.5 dBi'dir (Krishna vd., 2009).

C. Mahatthanajatuphat ve arkadaşları 2.4 GHz ve 5.8 GHz frekanslarda çalışan patch anten yapmışlardır. Önerdikleri antenin boyutları 59 mm x 90mm boyutlarında olup, Yansıma katsayısı Parametresi 2.1 GHz ve 5.5 GHz frekanslarında -30 dB olarak kaydedilmiştir. Önerdikleri antene ait maksimum kazanç 3 dBi'dir (Mahatthanajatuphat vd., 2009).

W.-L. Chen, ve arkadaşları, boyutları 70 mm x 70 mm olan geniş yarıklı mikroşerit anten tasarlamışlardır. Önerdikleri antenin bant genişliği 2.5 GHz olup maksimum kazancı 6 dBi civarındadır. Yansıma

katsayısı parametresi ise 4.5 GHz 'de -60 dB olarak kaydedilmiştir. (Chen vd., 2009).

Deepti Das Krishna ve arkadaşları çalışma frekansı 2.5 GHz ile 4.5 GHz arasında çalışan fraktal yapıda yarıklı anten tasarlamışlardır. Yansıma katsayısı Parametresi 2.5 GHz'de -24 dB olarak verilmiştir. Önerdikleri antenin bant genişliği 1.57 GHz olup, boyutları 33.5 mm x 28.5 mm'dir. Maksimum kazanç 4.5 dBi'dir (Krishna v.d, 2009).

A. Sundaram ve arkadaşları boyutları 50 mm x 50 mm olan fraktal yapıda yarıklı anten tasarlamışlardır. Önerdikleri antenin 10.45 GHz frekansında yansıma katsayısı -40 dB'dir. Antenlerinin bant genişliği 1.2 GHz olarak verilmiştir (Sundaram vd., 2007).

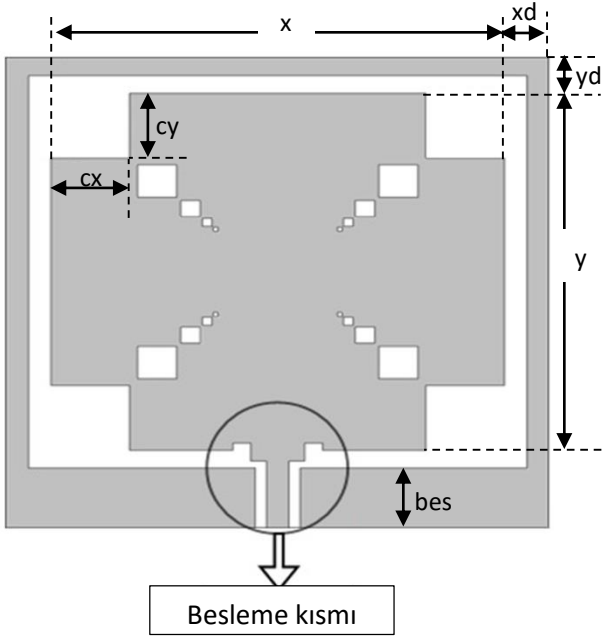
C. M. Su ve arkadaşları 2.4 GHz ve 5.2 GHz frekanslarında çalışan çift bant yarıklı anten tasarlamışlardır. Önerdikleri antenin yansıma katsayısı, 2.45 GHz'de -13 dB, 5.2 GHz'de ise -20 dB'dir. Antenin kazancı 7 dBi olup boyutları 200 mm x 260mm'dir (Chen vd., 2002).

N. Ojaroudi, RFID uygulamaları için, 2.45 GHz ve 5.8GHz frekanslarında çalışan mikroşerit anten tasarlamışdır. Antenin yansıma katsayısı 2.45 GHz'de -42 dB, 5.8 GHz'de ise -37 dB'dir. Tasarlanan antenin boyutları 10 mm x 17 mm'dir (Ojaroudi, 2014).

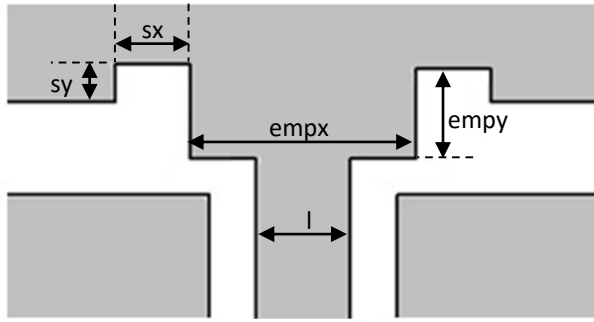
## 3. Materyal ve Yöntem

2450 MHz ve 5800 MHz frekanslarında çalışan anten tasarımı yapılırken Ansoft HFSS programı kullanılmıştır. Tasarlanan antenin hesaplamaları, bağıl dielektrik katsayısı 4.4, kayıp tanjant değeri 0.02 olan çift taraflı FR4 alttaş malzemesi için üzerinden gerçekleştirilmiştir. Antenin dıştan dışa boyutları 125.5 mm x 121 mm, plaket kalınlığı ise 1.6 mm'dir.

Anten Tasarlanırken, klasik yama anten üzerinden tekrarlamalı biçimde dikdörtgen parçalar çıkarılması işlemi gerçekleştirilmiştir. En dıştan çıkarılan parçanın boyutları  $c_x$  ve  $c_y$  değişkenleri ile tanımlanmıştır. Ardından çıkarılan parçalar ise, antenin köşegen doğrusu üzerine ve bir önceki çıkarılan parça boyutlarının yarısı olacak biçimde boyutlandırılarak çıkartılmıştır. Anten teşkil edilirken tanımlana çıkartma işlemi ilk çıkartma dahil toplam beş defa gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antenin genel görüntüsü ve tasarımında kullanılan değişkenler Şekil 1'de verilmiştir. Tasarlana antenin besleme kısmını ayrıntılı biçimde gösteren çizim ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan antenin genel görüntüsü

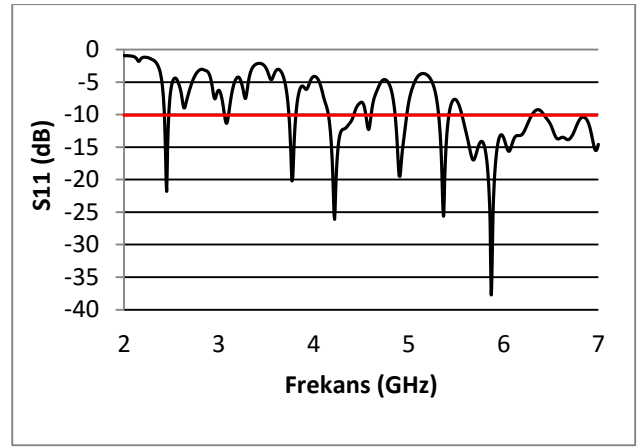


Şekil 2. Tasarlanan antenin besleme kısmı

Şekil 1 ve Şekil 2’de verilen, antenin fiziksel özelliklerini tanımlayan parametreler şu şekildedir;  $x=101$  mm,  $xd=10$  mm,  $y=99$  mm,  $yd=10$  mm,  $bes=11.5$  mm,  $l=5$  mm,  $cx=17.5$  mm,  $cy=18$  mm,  $emp_x=6$  mm,  $emp_y=3$  mm,  $sx=4$  mm,  $sy=2$  mm.

#### 4. Araştırma Bulguları

Şekil 1’de verilen yapı, HFSS programında çizilip fiziksel boyutların yukarıda tanımlanan değerlere ayarlandıktan sonra, 2 GHz-7 GHz aralığı için antenin yansıma katsayısını belirten  $S_{11}$  parametresi ve ışıma örüntüleri tespit edilmiştir. Tasarlanan antenin 2 GHz-7 GHz aralığı için yansıma katsayısını gösteren grafik Şekil 3’te verilmiştir.



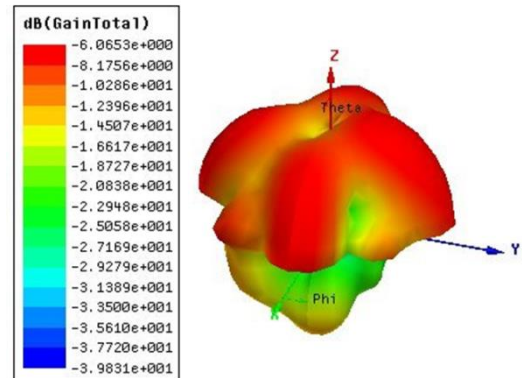
Şekil 3. Tasarlanan antenin 2 GHz-7 GHz aralığı için  $S_{11}$  grafiği

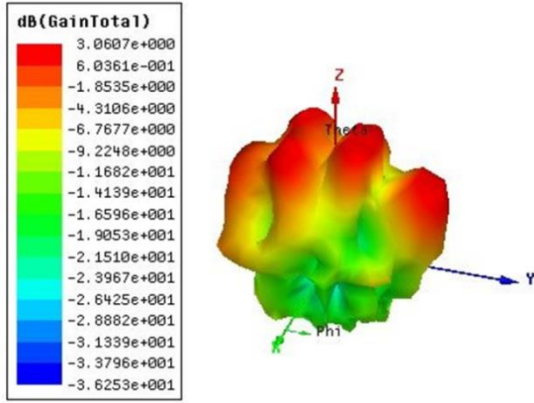
Şekil 3 incelendiğinde, antenin 2 GHz - 7 GHz aralığında; ISM 2450MHz ve 5800 MHz frekansları da dahil olmak üzere sekiz farklı aralığta kabul edilebilir düzey olan -10 dB’nin altında  $S_{11}$  parametresine sahip olduğu görülmektedir. Tasarlanan antenin çalışma aralığlarını gösteren çizelge, Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tasarlanan antenin bantlara göre frekans aralığları ve  $\min S_{11}$  değeri

Bant	$f_{min}$ (GHz)	$f_{max}$ (GHz)	$\Delta f$ (MHz)	$\min S_{11}$ dB (@fGHz)
1	2.43	2.47	40	-21.8 (@2.45)
2	3.06	3.06	>10	-10.1 (@3.06)
3	3.74	3.81	70	-20.1 (@3.77)
4	4.16	4.38	220	-26.1 (@4.22)
5	4.86	4.97	110	-19.4 (@4.9)
6	5.32	4.42	100	-25.5 (@5.37)
7	5.57	6.28	710	-37.5 (@5.87)
8	6.43	>7	>570	-13.9 (@6.94)

Tasarlanan antene ait üç boyutlu ışıma örüntüleri de tespit edilmiş olup, Şekil 4’te 2450 MHz için Şekil 5’te ise 5800 MHz için ışıma örüntüleri verilmiştir.



**Şekil 4.** Tasarlanan antenin 2450 MHz için üç boyulu ışıma örüntüsü**Şekil 5.** Tasarlanan antenin 5800 MHz için üç boyulu ışıma örüntüsü

Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde tasarlanan antenin 2450 MHz için -6.06dBi ve 5800 MHz için 3.06 dBi'lık bir kazançla sahip olduğu görülmektedir.

## 5. Sonuç ve Tartışma

Hazırlanan çalışmada, ISM 2450MHz ve 5800MHz frekanslarını da kapsayan sekiz farklı frekans bandında çalışabilecek bir anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antenin boyutları 125.5 mm x 121 mm'dir. Benzetim sonuçları elde edilen anten ile geçmişte yapılmış benzer antenlerin performanslarını karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde antenlerin farklı alanlarda üstünlük sağladığı gözlenmektedir. Önerilen antenin diğer antenlerden boyut olarak daha fazla alan işgal etmesi zaafı olmasına karşı, diğer antenlere göre toplamda daha fazla bant genişliğine sahip olması önemli bir üstünlüktür. Tasarlanan anteni kazancının, Tablo 2'de verilen diğer üç antenin kazançlarından daha yüksek olması da önemli bir üstünlüktür. Çalışmada tasarlanan anten 2 GHz-7 GHz aralığında; başta ISM 2450MHz ve 5800 MHz frekansları olmak üzere pek çok frekans bandında ışıma yapma yetkinliğine sahip özgün bir antendir.

**Tablo 2.** Tasarlanan antenin eski çalışmalar ile karşılaştırılması

Çalışma	Boyut mm x mm	Çalışma frekansları (GHz)	Anten kazancı dBi (@fGHz)
(Lui et al., 2005)	48x41	2.66-10.76	1.5 (@5.8)
(D. Krishna et al., 2009)	29x38	2.33-6.19	2.5 (@5.8)
(Mahatthanajatuphat et al., 2009)	59x90	2.4,5.8	3
(D. D. Krishna, Gopikrishna, Anandan, Mohanan, & Vasudevan, 2008)	33.5x28.5	2.5-4.5	4.5
Mevcut Çalışma	125.5x121	2.45, 3.06, 3.77, 4.22, 4.90, 5.37, 5.87, 6.94	3.06(@5.8)

## Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

## Kaynaklar

- Chen, W.-L., Wang, G.-M., Zhang, C.-X. (2009). Bandwidth enhancement of a microstrip-line-fed printed wide-slot antenna with a fractal-shaped slot. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 57(7), 2176-2179.
- Krishna, D., Gopikrishna, M., Anandan, C., Mohanan, P., Vasudevan, K. (2009). Compact wideband Koch fractal printed slot antenna. *IET microwaves, antennas & propagation*, 3(5), 782-789.
- Krishna, D. D., Gopikrishna, M., Anandan, C., Mohanan, P., Vasudevan, K. (2008). CPW-fed Koch fractal slot antenna for WLAN/WiMAX applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 7, 389-392.
- Lui, W., Cheng, C., Cheng, Y., Zhu, H. (2005). Frequency notched ultra-wideband microstrip slot antenna with fractal tuning stub. *Electronics Letters*, 41(6), 294-296.
- Mahatthanajatuphat, C., Saleekaw, S., Akkaraekthalin, P., Krairiksh, M. (2009). A rhombic patch monopole antenna with modified Minkowski fractal geometry for UMTS, WLAN, and mobile WiMAX application. *Progress In Electromagnetics Research*, 89, 57-74.
- Ojaroudi, N. (2014). *Design of microstrip antenna for 2.4/5.8 GHz RFID applications*. Paper presented at the Microwave Conference (GeMIC), 2014 German.
- Su, C. M., Chen, H. T., Chang, F. S., Wong, K. L. (2002). Dual-band slot antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN operation. *Microwave and Optical Technology Letters*, 35(4), 306-308.
- Sundaram, A., Maddela, M., Ramadoss, R. (2007). Koch-fractal folded-slot antenna characteristics. *Antennas and Wireless Propagation Letters*, 6, 219-222.