

İki Bantlı İkili Eliptik Yama Anten Tasarımı ve Modal Analizleri

Feza Turgay Çelik¹, Kamil Karaçuha²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Ankara

feza.celik@metu.edu.tr

²İstanbul Teknik Üniversitesi

Bilişim Enstitüsü
İstanbul

karacuha17@itu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, lisanssız Wi-Fi bandı (2.45 GHz) ve Avrupa için planlanan 5G bandı (3.6 GHz) olmak üzere iki bantta çalışan, iki katmanlı mikroşerit yama anten elemanı tasarlanmıştır. Amaç; iki frekans bandı için çalışan ve bu bantlarda aynı ışınma diyagramına sahip, kolay üretilebilen, ekonomik anten tasarlamaktır. Tasarımda, eliptik metal yüzeyler, yaklaşımlı-bağlaşımlı besleme ve toprak düzlemi kullanılmıştır. Eliptik yapılar için mod analizi yapılmış olup bu modların çalışma koşulları, yarattıkları akım dağılımları ve bu akım dağılımları sonucunda oluşan uzak alan ışınma deseni çıkarılmıştır. Benzetimler, anten tasarımı için kullanılan HFSS üzerinde yapılırken, üretilmiş antenin uzak alan, saçılma parametresi ölçümleri, deneysel olarak da gerçekleştirilmiştir.

Abstract: In this study, a two-layer microstrip patch antenna element operating in two bands of unlicensed Wi-Fi band (2.45 GHz) and planned for Europe 5G band (3.6 GHz) is studied. The project aims to design an easy-to-produce, cost-effective antenna that operates in two different frequency bands providing the same radiation diagram for both frequency bands. In design procedure modal analysis is conducted at elliptical structures. By this analysis, current distributions and resultant far-field radiation patterns are obtained. In this paper, measurements of the prototype and simulations of the structure by employing HFSS are presented.

1. Giriş

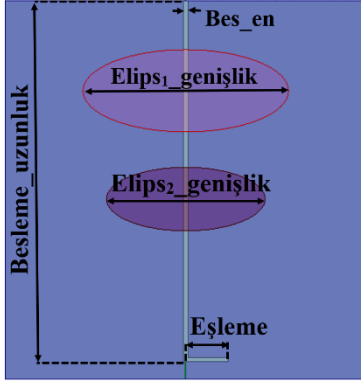
Gün geçtikçe artan veri alışverişi, hız talebi, artan ağ ve bağlantılılık, iletişim sektöründe; hız, enerji verimliliği, yeniden yapılandırılabilirlik, esneklik ve akıllılık ölçütlerini kaçınılmaz kılmıştır. Anten tasarımı, bahsi geçen talepler ve sistem içindeki önemi doğrultusunda; maliyeti düşük, kolay üretilen ve düşük profilli olmalıdır [1-2]. Önceki çalışmalarda; analitik ve sayısal yöntemlerle eliptik ve dairesel yama antenlerin farklılıkları ve benzerlikleri araştırılmış, halka tipi eliptik çalışmalar ve mod analizleri yapılmıştır [3, 4]. Güncel çalışmalarda ise, tasarım farklılıkları üzerine ve uygulamaya yönelik araştırmalar yapılmıştır [5, 6]. Bu çalışmadaki motivasyon, gelmekte olan 5G ve Nesnelerin İnterneti'nden sonra akıllı evler ve iç mekan uygulamaları için iki frekansta çalışan anten tasarımı yapmaktır. Bu vesile ile, akıllandırılmış evlerde bulunan cihazlar kendi aralarında Wi-Fi bandında haberleşirken, operatörler aracılığı ile ev uzaktan kontrol edilebilecektir. Bahsedilen uygulama için spektrumda dar bir bant kullanılmıştır. Çalışmanın özgün kısmı, ikili bantta çalışan ve iki frekans bandı için aynı modu uyarılan anten tasarımı yapmaktır. Bu süreçte, iki katmanlı bir yapı kullanılmıştır. Aynı karakteristik modu uyararak, iki frekans bandı için aynı ışınma karakteristiğini elde etmemizi sağlar [7]. Bu sayede, iki frekans bandı için benzer özelliklere sahip bir anten elde etmiş olunur. Çalışmada, yaklaşımlı bağlaşımlı (proximity coupled) besleme kullanılarak, bant genişliği arttırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca hüzmelerin beslemeden kaynaklanan asimetrisi ve bozulmalara karşı iyileştirilmesi sağlanmıştır.

Çalışmayı özetlemek gerekirse, 2. Kısımda, anten tasarımı, tasarım ölçüleri ve teorik altyapıdan bahsedilecektir. Bu kısımda, tasarımın nasıl yapıldığı, besleme tipi, tasarımın boyutları detaylı bir şekilde anlatılacaktır. Takip eden kısımda, antenin mod analizi detaylandırılacaktır. Kuramsal altyapı ile seçilen mod ve bu modu elde etmek yapılan çalışmalardan bahsedilecektir. 4. Kısımda ise sayısal ve deneysel sonuçlar verilip, sonuçlar detaylı bir şekilde incelenecektir. Tasarlanan antenin saçılma parametresi ve uzak alan hüzmeye diyagramları sunulacaktır. Ardından, çalışmadan elde edilen sonuçlar ve yapılması planlanan çalışmalar paylaşılacaktır.

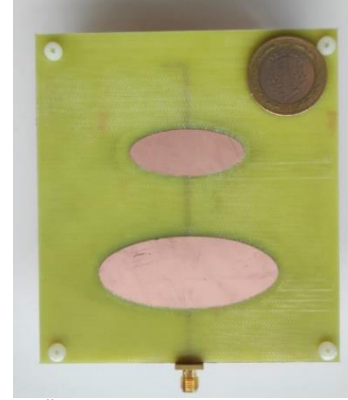
2. Anten Tasarımı

Bu bölümde anten birim eleman tasarımı ve bu tasarımda dikkat edilmesi gereken kısımlar anlatılmıştır. Anten tipi olarak eliptik yama anten kullanıldığı için farklı rezonanslar elde edilebilmiştir. Tasarımda en düşük frekansa sahip ikinci mod uyarılmaya çalışılmıştır. İkinci mod konik hüzmeye şeklinde ışınma yaptığı için tercih edilmiştir. Tasarlanan antenin üst tabakası ve hemen altındaki besleme yapısı Şekil 1'de gözlemlenebilir. Antende kullanılan uzunluklar Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 2'de, anten dizisinin üretilmiş hali verilmiştir. Kullanılan malzeme üst katman için çift taraflı bakır kaplamalı FR-4, alt katman için ise tek taraflı bakır kaplamalı FR-4

malzemesidir. İki katmanın birbirine bağlanması dört plastik vida ile sağlanmıştır. Anten dizisi 50 Ω, yaklaşık bağlantımlı besleme plakası ile beslenmiştir.



Şekil 1. Birim Antenin tasarımı



Şekil 2. Üretilmiş antenin üstten görüntüsü

TABLO 1. ANTEN ELEMANININ BOYUTLARI

Uzunluk İsmi	Uzunluk (mm)	Uzunluk İsmi	Uzunluk (mm)
Bes_en	2	Eşleme	9.77
Elips ₁ _genişlik	60	Besleme_uzunluk	100
Elips ₂ _genişlik	38	Toprak Boyutu	100x110

3. Mod Analizi

Bu bölümde Elips şeklindeki ince metal plakada oluşan akım dağılımları ve bu akım dağılımlarının yarattığı uzak alan ışına hüzmelerinin şekli tartışılacaktır. Elipslerde oluşan 1. mod akım dağılımı kısa ekseninde dağılır ve ışına diyagramı yükseliş açısının 90 derecesine maksimum hüzmelerini gönderir. Bu mod yukarıya doğru hüzmelerini odakladığı için çalışmanın araştırma alanı olan konik hüzmeler için elverişsizdir. Bundan ötürü konik hüzmeye yaratmak için bir sonraki mod tercih edilecektir. Bir sonraki modun akım dağılımı elipsin uzun eksenidir. Elipsin ortasında hiç akım olmaması anten merkezinde ışın olmamasını sağlar. Bu sayede konik davranıştaki ışın ağımlı elde edebiliriz. Eliptik yamadaki ikinci modun akım dağılımı Şekil 3 ve 4'te gözlemlenebilir. Eliptik antenler yaklaşırmalı bağlantımlı besleme yöntemi ile uyarıldığı için eşleme yapısı besleme metalinin boyut ayarlaması ve sonlandırılma şekline bağlıdır. Üst katmandaki eliptik metallerin varlığı kapasitif bir yük yaratır. Besleme kapılarından görülen empedansı gerçek düzleme çekebilmek için besleme metalinde endüktif etki yaratmak gerekir. Bu endüktif yapı besleme metalinin sonuna konulan 'L' şeklindeki metal parça sayesinde gerçekleştirilir. Elips elemanları sıralanırken birbirlerine olan etkilerini en aza indirmek amaçlanmıştır. Bunu başarmak için elipsler eşyönlü olarak dizilmiştir. Ayrıca elipsler arasındaki mesafe de birbirlerine olan etkiyi en aza indirecek ve doğru modları en verimli şekilde uyaracak şekilde eniyileştirilmiştir. Bu eniyileştirme sonucunda elips merkezleri besleme metalinde akımın güçlü olduğu yerlere konulmuştur. Mod analize bakılacak olursa, elipste $TM_{(c/s)mn}$ modları uyarılabilir. Bu modlar yama ile toprak levhası arasında oluşan elektrik alanlarının dağılımıyla alakalıdır. Konik ışın örüntüsü elde etmek için tekil modların kullanılması gerekir. Tekil modların kesim frekansını bulmak için (1) kullanılabilir.

$$f_r = \frac{c\sqrt{q}}{\pi a e \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

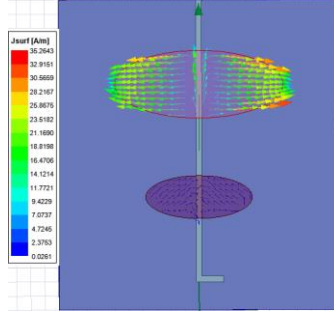
Burada, c ışığın boşluktaki hızı, ϵ_r , göreceli geçirgenliktir. Bu denklemden, a elipsin büyük, b ise küçük eksen uzunluğunun yarısını ifade etmektedir. q değerleri ise [7]'de tablolanmıştır. (1)'deki e değeri ise (2)'deki gibi bulunabilir.

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (2)$$

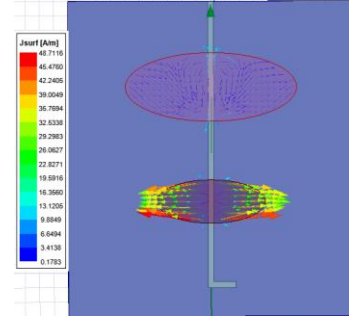
4. Sayısal ve Deneysel Sonuçlar

Bu bölüm sayısal ve deneysel sonuçlara ve bunların karşılaştırmalarına ayrılmıştır. Bölümde, antenin her iki banttaki saçılma parametresi ($|S_{11}|$) ve farklı hüzmeye senaryoları için hüzmeye diyagramı sunulmuştur. Şekil 5'te saçılma parametreleri ($|S_{11}|_{dB}$) verilmiştir. Hüzmeye yönünü gözlemlemek için, radyasyon ölçümleri yankısız odada gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde, antenin tasarım senaryoları göz önüne alınarak yükseklik ekseninde (küresel koordinat sisteminde θ 'ya karşılık gelen eksen) tarama yapılmıştır. Şekil 5'te antenin çalıştığı

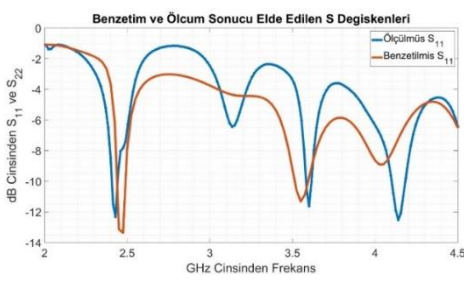
frekanslar 2.45 ve 3.6 GHz olarak görülmektedir. Bu frekanslardaki ışın diyagramları beklenen gibi koniktir ve ana hüzmeye $\pm 30^0$ yönelmiştir. Şekil 6 ve Şekil 7’de, iki farklı frekans için de ışın hüzmeleri görülebilir.



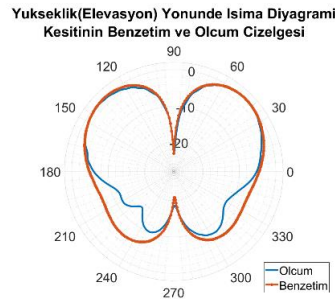
Şekil 3. 2.45 GHz’de 2. Moddaki akım dağılımı



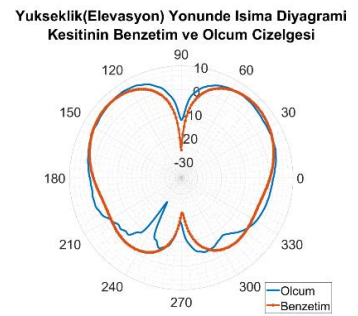
Şekil 4. 3.6 GHz’de 2. Moddaki akım dağılımı



Şekil 5. $|S_{11}|_{dB}$ frekansa göre değişimi



Şekil 6. 2.45 GHz için ışınma öbeği



Şekil 7. 3.6 GHz için ışınma öbeği

5. Sonuç

Bu çalışmada, Wi-Fi ve 5G Bandı için İkili Eliptik Yama Anten Tasarımı ve Modal Analizleri çalışılmıştır. Akıllı evler için düşünülen bir senaryo için tasarlanmış olan anten iki frekans bandında çalışmaktadır. Düşük frekanslı olan bantta (2.45 GHz), ev içi cihazların birbiriyle iletişim gerçekleştirirken, yüksek frekans bandı (3.6 GHz), operatörlerle iletişimi sağlayarak, uzaktan kontrole izin verecektir. Çalışmada, farklı frekans bantları için benzer hüzmeye ve kazanç elde edebilmek için her frekans için aynı modu uyarmak amaçlanmıştır. Bunu başarmak için kuramsal bilgiler ve benzetim programlarında yamalar üzerindeki akım dağılımları incelenmiştir. Rezonans tip bir anten olsa da bant genişliğini arttırabilmek için yaklaşık bağlantı besleme tercih edilmiştir. Benzetim programları ve deneyler büyük bir oranda benzerlik göstermektedir. Farklılıklar, iki katmanlı yapıdaki vidalamalardan, FR-4 malzemesindeki kusurlardan ve üretim hatalarından olabilir. Planlanan gelecek çalışmaları; tasarlanan yapının dairesel bir dizi halinde geliştirilmesi, anten boyutlarının aynı frekans bantları için küçültülmesi olarak sıralanabilir.

6. Teşekkür

Bu çalışma, ITUVF20180901P10 proje numarası ile İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Vodafone Future Lab tarafından kısmen desteklenmiştir.

7. Kaynaklar

- [1] "Spectrum for 4G and 5G," Qualcomm, 10-Jan-2020. [Çevirim içi]. Available: <https://www.qualcomm.com/documents/spectrum-4g-and-5g>.
- [2] Çelik F. T. ve Karacıha K., "Miniaturized Virtual Array Dual Band Loop Quasi-Yagi Antenna Design for 5G Application," 2019 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS), s.1-4, 2019.
- [3] Bhattacharyya A. K. ve Shafai L., "Theoretical and Experimental Investigation of the Elliptical Annual Ring Antenna", IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.36 no.11, s.1526-1530, 1988.
- [4] Elsewe M. M. ve Chatterjee D., "Characteristic mode analysis of microstrip patch shapes," IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp. Proc., San Diego, ABD, s.2107-2108, Ocak 2017.
- [5] Sharma V., "A Novel Design of Parasitically Gap Coupled Patches Forming an Elliptical Patch Antenna for Broadband Performance", Chinese J. Eng., cilt.2014, s.1-6, 2014.
- [6] Zhang H., Zhou R., Wu Z., Xin H., ve Ziolkowski R. W., "Designs of ultra wideband (UWB) printed elliptical monopole antennas with slots", Microwave and Optical Technology Letters, cilt.52, no.2, s.466-471, 2010.
- [7] Bahl I. J. ve Bhartia P., Microstrip antennas. Artech House, 1980.