

Kültürel Algoritma Tabanlı 24 GHz ISM Bant Uygulamaları için H Şeklinde Yama Anten Tasarımı

Ahmet ULUSLU
İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa
Elektronik ve Otomasyon Bölümü
İstanbul
auluslu@iuc.edu.tr

Özet: Bu yazıda, ISM frekans bandında çalışan H şeklinde bir mikroşerit yama antenin zorlu tasarım problemi kültürel algoritma (KA) dayalı optimizasyon ile basitleştirilerek üstesinden gelinmiştir. Önerilen model için radar sistemlerinde de yaygın olarak kullanılan 24 GHz frekansı seçilmiştir. Özgün maliyet fonksiyonu ile etkin bant aralığı geniş tutulmaya çalışılmıştır. Önerilen yama anten, -37,72 dB'lik yansıma katsayısına ve 90° de 1,4 dB'lik bir kazanıma sahiptir. Bu sistem 22,5-24,3 GHz çalışma bant genişliğinin yanı sıra küçük bir hacme sahiptir ve basit bir optimizasyon ile bulunur.

Abstract: In this paper, the challenging design problem of an H shaped microstrip patch antenna operating in the ISM frequency band is overcome by simplifying it by optimization based on cultural algorithm (CA). For the proposed model, the frequency of 24 GHz, which is widely used in radar systems, was chosen. Efforts were made to keep the effective band gap wide with the original cost function. The proposed patch antenna has a reflection coefficient of -37.72 dB and a gain of 1.4 dB at 90°. This system has a working bandwidth of 22.5-24.3 GHz as well as a small volume and is found by simple optimization.

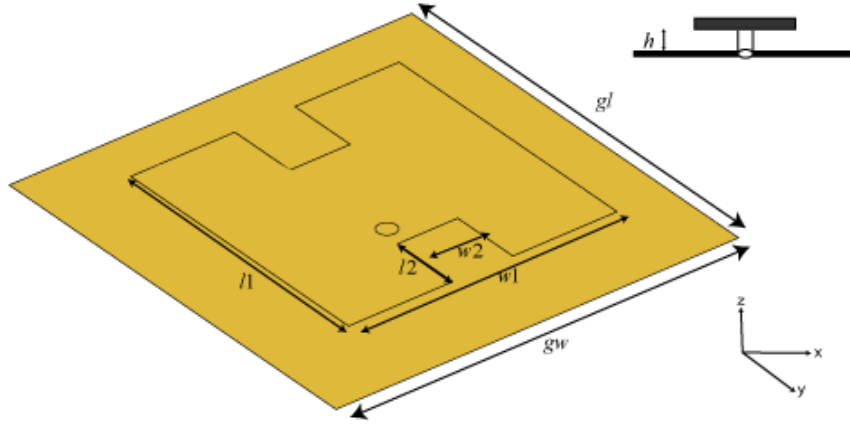
1. Giriş

Mikroşerit yama antenler, minyatür boyutları ve uygun maliyetleri nedeniyle iletişim sistemlerinde kullanımı oldukça popülerdir. Elde tutulan cihazlar ve gömülü antenler için kullanımı oldukça uygundur. Yama antenin temel biçimi, yalnızca istenen frekans bandında yayılan bir zemin düzlemine basılmış iletken bir yamadan oluşur [1]. Mikroşerit yama antenlere ilişkin ana dezavantaj ise dar bant genişliğidir. Bu antenlerin bant genişliğini artırmak için birçok teknik geliştirilmiştir [2-3]. Bunlar arasında popüler bir teknik, parazitik yamaların kullanılmasıdır. Ancak parazitik yamaların eklenmesi, dizi imalatında artan karmaşıklıkla birlikte genişleyen geometriye neden olduğundan, bu eş düzlemlerli bir durum için oldukça elverişsizdir [4]. Alternatif olarak, bant genişliği, içindeki alan çizgilerinin dahiline izin veren yeterli kalınlıkta bir tabaka kullanılarak da genişletilebilir. Böyle bir teknik, genellikle H düzleminde artmış çapraz polarizasyona neden olan eş eksenli olarak beslenen bir yöntemle gerçekleştirilir [5]. Bu aynı zamanda, genellikle merkezi frekansın %10'undan daha az olan bir antenin yararlı bant genişliğini de sınırlar. Bu sınırlı bant genişliği, daha uzun saçılmanın neden olduğu artan endüktans ile ilişkilidir [6]. Pek çok araştırmacı, belirli bir besleme mekanizmasına sahip farklı uygulamalar için farklı şekillerde mikroşerit antenler önermiştir [7-12]. En popüler mekanizmalardan biri bağlantı yuvasıdır [7]. C şekilli [8-9], U şekilli [10], E şekilli [11] ve H şekilli [12] gibi çeşitli yuva şekilleri tasarımlarına sahip önerilen tipte antenler mevcuttur. Bir şeklin boyutu ve seçimi, belirli bir uygulamaya ve ilgili sıklığa bağlıdır. Bu yazıda, ISM frekans bandında çalışan H şeklinde bir mikroşerit yama antenin zorlu tasarımı, optimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Tasarlanacak anten boyutları, giriş olarak seçilen parametreler, kültürel algoritma ile optimize edilen anten için en uygun maliyet değerine sahip sonuçlar sergilenmiştir. Sonuçlar, bu antenin ISM bant radar sisteminde uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

2. Anten Tasarımı

24 GHz anten, otomobillerde güvenlik sistemlerini geliştirmek için oldukça kullanışlıdır. Araçların veya nesnelerin, aracın etrafındaki konumu ve hızı 24 GHz anten kullanılarak tespit edilir. Daha küçük dalga boyu, daha düşük anten boyutu ve görüş hattı iletişimi için daha az gecikme yayılımı, 24 GHz antenin özelliklerinden bazılarıdır [13]. Genellikle, bir tasarımın genel amacı, düzenli bir çalışma frekansında belirli bir performans elde etmektir. Bu hedefe ulaşıldığında yapılması gereken optimum anten boyutlarını belirlemektir [14-15]. Bunu hızlı, basit ve başarılı bir şekilde belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma için Şekil 1'de verilen anten modelinde kullanılacak optimizasyon veri seti Tablo 1'de nümerik olarak verilmiştir. Ayrıca bu zorlu problemin çözümü için belirlenen maliyet fonksiyonu (1) bir önceki bölümde de bahsedilen dar bant sorununu ele alacak şekilde ayarlanmıştır. Maliyet fonksiyonundaki toplam sembolünün adım aralığı optimizasyon süre maliyeti de göz önüne alınarak 0,1 GHz olarak seçilmiştir.

$$\text{Maliyet} = \sum_{23.0\text{GHz}}^{25.0\text{GHz}} e^{-(\text{kazanç}/w_{o1})} + e^{(S_{11}/w_{o2})} \quad (1)$$



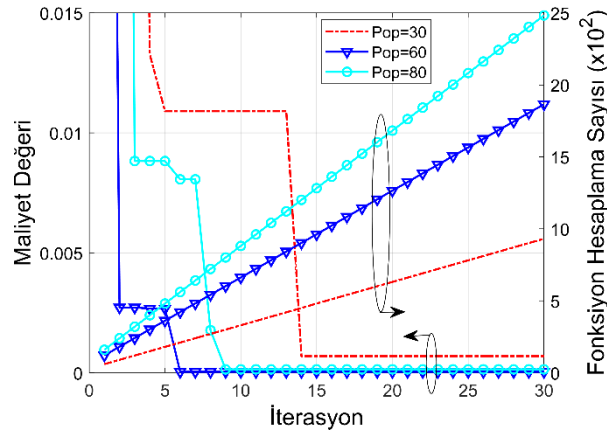
Şekil 1. H şeklinde yama anten

Tablo 1. Tasarım veri seti

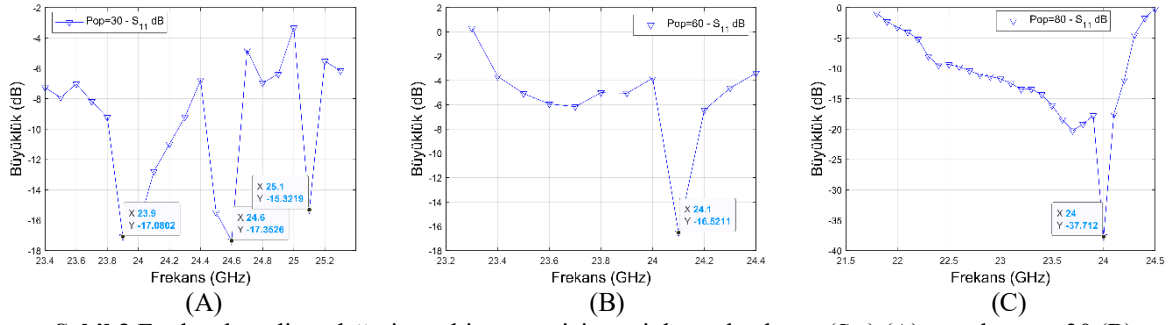
Tanım	Parametre	Arahk
X ve Y eksenli boyunca yama uzunluğu	$w1$ ve $l1$	0,02 - 0,20 (m)
X ve Y eksenli boyunca çentik uzunluğu	$w2$ ve $l2$ ($w1/8$ ve $l1/8$)	0,0025 - 0,025 (m)
X ve Y eksenli boyunca yer düzlemi uzunluğu	g^l ve g^w ($w1*1,25$ ve $l1*1,25$)	0,025 - 0,25 (m)
Z eksenli boyunca yer düzlemi üzerinde yama yüksekliği	h	0,0014 - 0,0020 (m)

3. Analiz ve Sonuçlar

Sabit maksimum iterasyon ve farklı popülasyon parametreleri için diğer optimizasyon problemlerindeki gibi kültürel algoritma kodu 10 kere koşturulmuştur. Problemden maksimum iterasyon sayısı yüksek seçilerek doyuma ulaşılan iterasyon sayısının tespiti kolaylaştırılmıştır. Popülasyon değerleri 30, 60 ve 80 olacak şekilde seçilmiştir. Maliyet fonksiyonundaki parametrelerin ağırlık katsayıları (w_{01} ve w_{02}) eşit olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 2’de görüleceği üzere bütün optimizasyonlar için 14. iterasyondan sonra doyuma ulaşılmış yani ilgili popülasyon değeri için minimum maliyet değeri bulunmuştur. Yapılan optimizasyonlar sonucu bulunan en düşük maliyete sahip sonuçlar için MATLAB anten simülasyon programı kullanılarak S_{11} (dB) parametresinin frekans ile değişimi simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar popülasyon değeri 30, 60 ve 80 için sırası ile Şekil 3A, Şekil 3B ve Şekil 3C’de gösterilmiştir. Şekil 3A’da popülasyon değeri 30 seçildiğinde çalışma bant aralığı 23,8-24,7GHz olduğu ve üç noktada pik yapıldığı görülmektedir. Bu noktalarda sırası ile 90° deki yönlendiricilik kazancı 6,8, 1,43 ve 6,7 dB olduğu hesaplanmıştır. Şekil 3B’de popülasyon değeri 60 seçildiğinde çalışma bant aralığı oldukça dar 24,05-24,15 GHz olduğu görülmektedir. Burada 90° deki yönlendiricilik kazancının 1,9 dB olduğu hesaplanmıştır. Şekil 3C’de ise popülasyon değeri 80 seçildiğinde bant aralığının daha geniş, 22,5-24,3 GHz olduğu görülmektedir. Burada 90° deki yönlendiricilik kazancının 1,4 dB olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 2. H şeklinde yama anteni için maliyet değeri ve fonksiyon hesaplama sayısının popülasyona göre karşılaştırılması (maksimum iterasyon = 30)



Şekil 3. En düşük maliyet değerine sahip sonuç için geri dönüş kaybının (S_{11}) (A) popülasyon=30 (B) popülasyon=60 (C) popülasyon=80 için değişim grafiği

4. Sonuç

24 GHz'de H şeklinde bir mikroşerit yama anteni için, dielektrik malzeme katsayısı $\epsilon_r = 4,4$ olan olarak seçilmiştir. Yama anten, MATLAB yapay sinir ağları modülü kullanılarak ISM bant uygulamaları için optimize edilmiş ve her popülasyon için minimum maliyet değerine sahip sonuçlar yine MATLAB anten simülasyonu programı kullanılarak S_{11} (dB) değerinin frekans bandında değişimleri gösterilmiştir. Tasarımlarda planlanan antenlerin ortalama yüzey alanı $115 \times 1,5$ mm² dir. Sonuç antenin bant genişliğinin 22,5GHz ile 24,3GHz arasında olduğunu ve 90° deki yönlendiricilik kazancınının 1,4 dB olduğunu görülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Balanis C. A., "Antenna Theory: Analysis and Design," üçüncü baskı, New York: Wiley, 2005.
- [2]. Lee R. Q., Lee K. F. ve Bobinchak J., "Characteristics of a two layer electromagnetically coupled rectangular patch antenna," Electronics Letters, cilt.23, no.20, s.1070-1072, 1987.
- [3]. Chang E., Long S. A. ve Richards W. F., "Experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas," IEEE Trans. on Antennas and Propag., cilt.43, no.6, s.767-772, 1986.
- [4]. Madankar A., Chakole V. ve Khade S., "H-slot Microstrip Patch Antenna for 5G WLAN Application," 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS), 2020.
- [5]. Chen W., Zhang Z., Wu X. ve Yu W-S., "Design of Broadband Dual-Polarization H-Shaped Slots Apertures-coupled Microstrip Antenna," International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium - China (ACES), 2018.
- [6]. Fu R. ve Zhu L., "Printed U-shaped slot antennas fed by CPW via inductive coupling," IEEE International Workshop on Antenna Technology, s.303-306, 2005.
- [7]. Yeap S. B. ve Chen Z. N., "Microstrip patch antennas with enhanced gain by partial substrate removal," IEEE Trans. on Antennas and Propag., cilt.58, no.9, s.2811-2816, 2010.
- [8]. Padhi S. K., Karmakar N. C., Law C. L. ve Aditya S., "A dual-polarized aperture coupled circular patch antenna using a C-shaped coupling slot," IEEE Trans. on Antennas and Propag., cilt.51, no.12, s.3295-3298, 2003.
- [9]. Nasimuddin N. ve Z Chen. N., "Aperture-coupled asymmetrical C-shaped slot microstrip antenna for circular polarization," IET Microwave, Antennas and Propag., cilt.3, no.3, s.372-378, 2009.
- [10]. Guo Y. X., K. M. Luk, Lee K. F. ve Chow Y. L., "Double U-slot rectangular patch antenna," Electronics Letters, cilt.34, no.19, s.1805-1806, 1998.
- [11]. Izadi O. H. ve Mehrparvar M., "A compact microstrip slot antenna with novel E-shaped coupling aperture," 5th International Symposium on Telecommunication, s.110-114, 2010.
- [12]. Bangash K., Ali M. M., Maab H. ve Shaukat R. A., "Effect of Embedding H-Shaped Slot on the Characteristics of Millimeter Wave Microstrip Patch Antenna for 5G Applications," 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET), 2019.
- [13]. Cao C., Ding Y., Yang X., Lin J.-J., Verma A., Lin J., Martin F. ve O K., "A 24-ghz transmitter with an on-chip antenna in 130-nm cmos," in VLSI Circuits, 2006. Digest of Technical Papers. 2006 Symposium on, s.148-149, 2006.
- [14]. Stutzman W. L. ve Thiele G. A., Antenna Theory and Design. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2012.
- [15]. Pozar D. M., "The active element pattern," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.42 no.8, s.1176-1178, 1994.