

## İleri Saçılım Radar Anten Tasarımı

Yasin İPEKOĞLU<sup>1</sup>, Şafak SARAYDEMİR<sup>2</sup>

Kara Harp Okulu

<sup>1</sup>Savunma Bilimleri Enstitüsü, <sup>2</sup>Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara

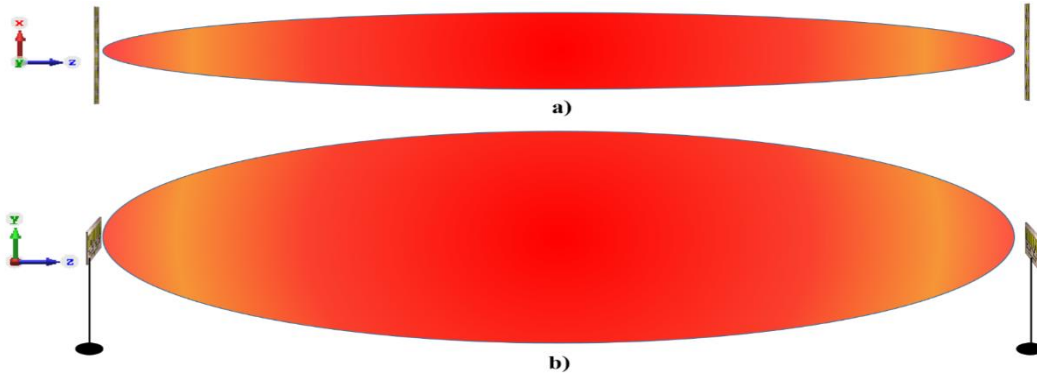
yasinipekoglu@gmail.com, ssaraydemir@kho.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, bistatik radar modellerinden ileri saçılım radar uygulamasına yönelik 1x8 elemanlı mikroşerit dizi antenin tasarımı ve benzetim sonuçları sunulmuştur. Dizi antenin çalışma frekansı 4 GHz'dir. Taban malzemesi olarak dielektrik sabiti 3.55, taban malzemenin kalınlığı 1.52 mm, bakır kalınlığı 0.035 mm olan Rogers 4003C malzemesi seçilmiştir. CST Microwave programı kullanılarak elde edilen 1x1, 1x2, 1x4 ve 1x8 dizi antenlerin kazanç, VSWR, S11 parametre değerleri, bant genişlikleri, ışınma örüntüleri, anten ve ışınma verimlilikleri, yan kulak seviyeleri ve yarı güç hüzmeye genişlikleri karşılaştırılmıştır.

**Abstract:** In this study, design and simulation results of 1x8 elements microstrip patch antenna for forward scatter radar system which is one of the model of bi-static radar are presented. The antenna center frequency is 4GHz. Rogers 4003C is chosen as a substrate material which dielectric constant 3.55 and height of substrate and height of copper thickness is 1.52 mm, 0.035mm respectively. 1x1, 1x2, 1x4 and 1x8 microstrip patch antenna arrays are designed by using CST Microwave. Gains, bandwidths, VSWR values, S11 parameters, radiation patterns, antenna efficiencies, side lobe levels and half power beamwidth are given and results are compared.

### 1. Giriş

Bistatik radarlar alıcı ve verici antenlerin farklı konumlara yerleştirilerek oluşturulan radar sistemleridir [1]. Bistatik radar modellerinden ileri saçılım radarları, bistatik açının ( $\beta$ )  $180^\circ$ 'ye yaklaştığı durumda oluşmaktadır. 1900 yılların başında hava ve deniz hedeflerinin tespiti amacıyla kullanılan ileri saçılım radarları, günümüzde kara, hava ve denizde hareket eden hedeflerin tespitini [2], teşhisini [3] ve tanımlanmasını [4] gerçekleştirmektedir. Verici antenden gönderilen EM dalgalar, alıcı antenden alınmakta, alıcı ve verici anten arasında Şekil-1'de gösterilen elektromanyetik hüzmeyi oluşturmaktadır. Bu hüzmeye yere paralel olarak konumlandırılan mikroşerit anten dizisi ile yatay düzlemde dar (Şekil-5a), dikey düzlemde ise geniş (Şekil-5b) ışınma örüntüsünü oluşturur. Oluşturulan bu hüzmeye elektromanyetik (EM) çit olarak adlandırılabilir. Hedef nesne EM çitten geçtiğinde radar imzasına bağlı olarak EM hüzmeyi bozmakta ve sinyal seviyesini düşürmektedir[5]. Bozulan sinyal işlenerek hedef tespiti yapılabilmektedir. Bu çalışmada minimum 100 MHz bant genişliğine, yüksek kazanç, düşük yan kulakçık seviyesine ve dar hüzmeye genişliğine sahip, temsili ışınma örüntüsü Şekil-1'de gösterilen mikroşerit anten dizisinin tasarımı hedeflenmiştir.



Şekil 1. Radar uygulamasının a) kuşbakışı görünüşü b) önden görünüşü

## 2. Mikroşerit Dizi Anten Tasarımı

İlk olarak 1953 yılında G.A. Deschamps [6] tarafından önerilen mikroşerit anten, 1970'li yıllarda R.E. Munson [7] ve Howell [8]'in yaptığı çalışmalara kadar popüler değildi. Günümüzde ise sivil ve askeri birçok uygulamada kullanılmaktadır. İstenilen ışıma örüntüsüne göre herhangi bir geometrik şekilde olabilirler [9]. Mikroşerit antenler üst tarafında TEM (*transverse electromagnetic wave*) dalgalarının yaydığı ince iletken malzemeden oluşan yama anten, dielektrik malzemesi ve dielektrik malzemenin altında yer alan toprak zemininden oluşmaktadır. CST Microwave Studio programı kullanılarak anten modellenmesi gerçekleştirilmiş ve anten boyutları aşağıda verilen eşitlikler ile hesaplanmıştır.

1. Yama anten genişliğinin ( $W$ ) hesaplanması [9];

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$W = 24.8623 \text{ mm}$$

2. Efektif dielektrik sabitinin ( $\epsilon_{\text{reff}}$ ) hesaplanması [9];

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 * \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = 3.2433$$

3. Yama anten uzunluğunun ( $L$ ) hesaplanması [9];

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2 \left( 0.412 * h * \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \right) \quad (3)$$

$$L = 19.3824 \text{ mm}$$

4. Karakteristik empedans ( $Z_0$ ) değerinin hesaplanması [9];

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left[ \frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right], \quad \frac{W}{h} \leq 1 \quad (4)$$

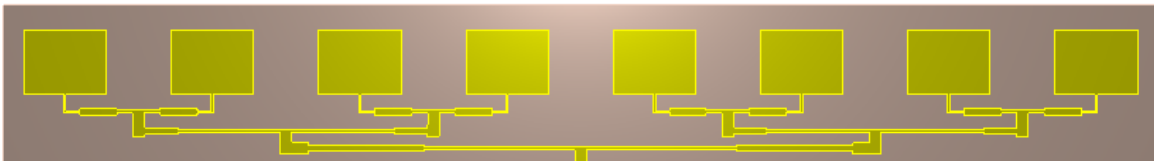
$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[ \frac{W}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{W}{h} + 1.444 \right) \right], \quad \frac{W}{h} > 1 \quad (5)$$

5. Anten giriş empedans değerinin hesaplanması [9];

$$Z_1 = \frac{1}{2 \left( \frac{\int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 \times W}{2}\right) \cos(\theta)}{\cos(\theta)} \right]^2 \sin^3 \theta d\theta}{120\pi^2} + \int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 \times W}{2}\right) \cos(\theta)}{\cos(\theta)} \right]^2 J_0(k_0 \times L \times \sin \theta) \sin^3 \theta d\theta \right)} \quad (6)$$

$$Z_1 = 286.4 \Omega$$

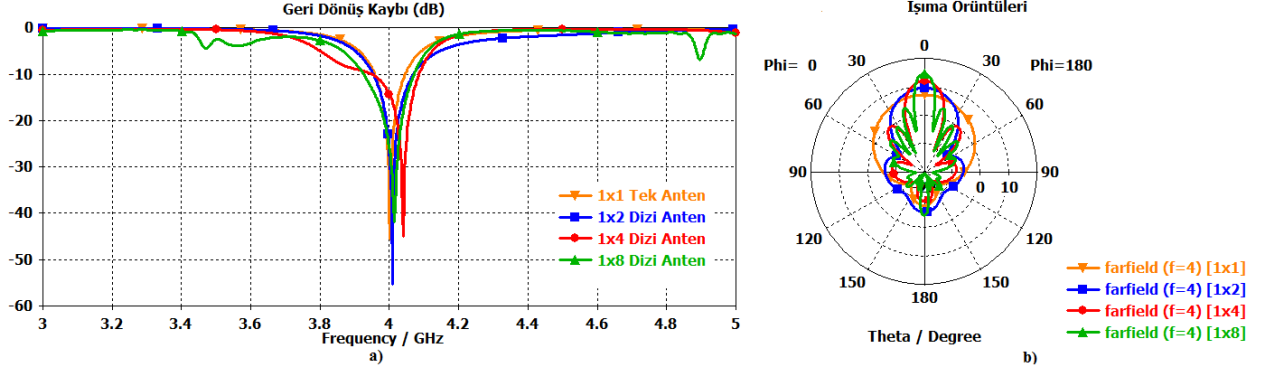
Anten tasarımına ilk olarak tek yama antenden başlanarak; eşitlik 1 ve 3'den elde edilen yama uzunluk ve genişlik bilgileri kullanılmıştır. Ardından çeyrek dalga dönüştürücü kullanılarak anten besleme hattı oluşturulmuştur. Tek yama antenin ışıma örüntüsü incelendiğinde EM çit uygulamasına uygun olmaması ( $\text{HPBW}=79.2^\circ$ ) nedeniyle dizi anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tek yama antenlere sırasıyla 70  $\Omega$ , 100  $\Omega$  ve 50  $\Omega$  eklenerek 1x2 dizi anten elde edilmiştir. Bir sonraki aşamada eş 1x2 anten dizileri kullanılarak aynı yöntem ile 1x4 ve 1x8 anten dizileri elde edilmiştir. Nihai 1x8 dizi anten tasarımı Şekil-2'de görülmektedir.



Şekil 2. 1x8 mikroşerit dizi anten

### 3. Benzetim Sonuçları

Tasarımı gerçekleştiren 1x1, 1x2, 1x4 ve 1x8 mikroşerit antenlerin geri dönüş kayıp değerleri ve ışınma örüntüleri Şekil-3'de verilmiştir. Çizelge-1 ise antenlerin kazanç, VSWR, S11 parametre değerleri, -10 dB'deki bant genişlikleri, ışınma örüntüleri, anten ve ışınma verimlilikleri, yan kulak seviyeleri ve yarı güç hüzmeye genişlikleri karşılaştırılmıştır. Anten dizi miktarının artması, anten kazancını ve bant genişliğini artırmış, yarı güç hüzmeye genişliğini düşürmüştür.



Şekil 3. Mikroşerit antenlerin a) geri dönüş kayıp değerleri b) ışınma örüntüleri

Anten Parametreleri	1x1	1x2	1x4	1x8
Kazanç- (IEEE-dB)	6.72	9.24	12.10	14.7
Bant Genişliği (MHz)	102	119.1	136.4	145.8
VSWR	1.010	1.003	1.011	1.016
S11(dB)	-45.65	-55.33	-44.90	-41.89
Yönlülük (dBi)	7.098	9.52	12.50	15.3
Anten Verimliliği (%)	91.6	93.53	87.25	85.90
Işınma Verimliliği (%)	91.7	93.76	90.63	86.12
Yan Kulak Seviyesi (dB)	-15.2	-15.2	-12.2	-11.1
Yarı Güç Hüzmeye Genişliği	79.2 <sup>0</sup>	42.3 <sup>0</sup>	21.6 <sup>0</sup>	10.4 <sup>0</sup>

Çizelge1. Anten parametre değerlerinin karşılaştırılması

### 3. Sonuç

Benzetim sonuçları incelendiğinde dar ışınma örüntüsünde sahip 1x8 anten dizisinin ileri saçılım radar uygulamasına uygun olduğu düşünülmektedir. Anten dizisinin üretimi gerçekleştirilerek, dış ortamda hedef tespit çalışmaları yapılacaktır.

### 4. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK-BİDEB 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- [1]. IEEE STD 686-2008, IEEE Standard Radar Definitions
- [2]. Gould D., Orton R., ve Pollard R., "Forward scatter radar detection" 2002 International Radar Conference, Edinburgh, İngiltere, s.36-40, Ekim 2002.
- [3]. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, A. Kabakchiev, ve D. Kabakcueva, "Forward Scatter Radar Detection and Estimation of Marine Targets", IRS'12, Varşova, Polanya, s. 533-538, Mayıs 2012
- [4]. M. Cherniakov, R.S.A.R. Abdullah, P. Jancovic , M. Salous ve V. Chapursky, "Automatic ground target classification using forward scattering radar", IEE Proceedings - Radar, Sonar and Navigation, s. 427-437,2006
- [5]. Ipekoglu, Y., Yucedag O. M., Saraydemir S. ve Kocer H., "Microstrip Patch Antenna Array Design for C-Band Electromagnetic Fence Applications" ELECO 2015 9th International Conference, s.355-358, 2015
- [6]. Deschamps, G. A., "Microstrip Microwave Antennas", Proc. USAF 3th Antenna Semp., 1953.
- [7]. Munson, R. E., "Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt.22, no.1, s174-78, 1974.
- [8]. J.Q. Howell, "Microstrip antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, no. 23, 1975.
- [9] C.A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", Wiley, USA, 2005.