

Bant Genişliği Arttırılması ve Boyut Küçültme Uygulamalarında Kullanılabilecek Kavisli Monopol Mikroşerit Anten Tasarımı

Mustafa Berkan Biçer, Emine Avşar Aydın*
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
İzmir
mustafa.bicer@bakircay.edu.tr

*Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü
Adana
eyadin@atu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, geleneksel üretim yöntemleri ile üretilemeyen ancak üç boyutlu baskı teknolojisinin avantajının kullanılmasıyla üretilmesi planlanan kavisli monopol bir mikroşerit antenin bant genişliğinde iyileştirmek amaçlanmıştır. Bir antenin bant genişliğini arttırmak için çeşitli yöntemler bulunsada en yaygın kullanılan yöntem, antenin alttaş kalınlığını arttırmaktır. Fakat anten alttaş kalınlığının artırılması, antende yüzey dalgası oluşumuna diğer deyişle sahte ışıma neden olmaktadır. Bu çalışmada bant genişliğini arttırmak için, geleneksel yollardan farklı olarak, kavisli alttaş yapısı kullanılmıştır. Kullanılan yapı ile elde edilen sonuçlar, dikdörtgen mikroşerit anten yapısı ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışmanın başarılı olduğunu göstermektedir.

Abstract: In this study, it is aimed to improve the bandwidth of a curved monopole microstrip antenna, which cannot be produced by conventional production methods but is planned to be produced with the advantage of three-dimensional printing technology. Although there are various methods to increase the bandwidth of an antenna, the most common method is to increase the substrate thickness of the antenna. However, increasing the thickness of the antenna substrate causes surface wave formation in the antenna, in other words, spurious radiation. In this study, unlike conventional methods, a curved substrate structure was used to increase bandwidth. The results obtained with the structure used are compared with the rectangular microstrip antenna structure.

1. Giriş

Mikroşerit antenler (MA) küçük boyutları, ağırlıkları ve maliyetleri bakımından biyomedikal uygulamalar, 5G teknolojileri, havacılık ve uydu iletişimi dahil birçok alanda kullanılmaktadır [1]. Ancak, bu antenler düşük verimlilik ve dar bant genişliği gibi büyük dezavantajları da içermektedir. MA'nin alttaş kalınlığının artırılması, bu dezavantajların üstesinden gelmenin en basit yöntemleri arasında yer almaktadır. Kalın bir dielektrik alttaş, bir yama antenin tipik dar bant genişliğini arttırmaktadır. Alttaş kalınlığının arttırılarak bant genişliğinin iyileştirilmesi sırasında istenmeyen dalga üretimleri meydana gelmektedir. Diğer yandan, yığın yama yapılandırması ile de bant genişliği arttırılmaktadır. Ne yazık ki, bu çözüm karmaşık bir üretim sürecine yol açmaktadır ve katmanların hizalanması veya hava boşluklarının varlığıyla ilgili sorunlardan etkilenebilir. MA'lerin bir başka istenen özelliği de kompakt olmalarıdır. [1]. Özellikle düşük frekanslarda, kablosuz bir aygıtın içindeki alanın önemli bir yüzdesini MA'ler kaplamaktadır. Kısa devre duvarlarının ve pimlerin kullanılması, katlanmış yamalar veya yüksek dielektrik geçirgenlikli malzemeler gibi çeşitli birçok teknik kullanılarak MA'lerin kompakt hale getirilmesi sağlanabilir [2]–[6]. Bu yöntemlerden kısa devre duvarları ve pimleri kullanmak, karmaşık bir yapı içerir ve simetrik olmayan geniş kenarlı ışıma üretir. Katlanmış yamaların da uygulanması zordur ve yüksek dielektrik sabiti malzemeler de pahalı olmakla birlikte zayıf ışıma performansı sunar ve bant genişliğinde bir azalmaya yol açar. Dolayısıyla bu teknikler ile bant genişliğini arttırmak, sahip oldukları dezavantajlar göz önüne alındığında, istenmeyen bir durum olmaktadır.

Bu çalışmada, Muntoni ve arkadaşları tarafından tasarlanan koaksiyel beslemeli kavisli anten tasarımı [6] referans alınarak geni bant anten tasarımı oluşturulmuştur. Önerdiğimiz tasarımlar, referans aldığımız tasarımın besleme şeklinin değiştirilmesi ve tasarıma yarıklar eklenmesiyle ortaya çıkmıştır. Kavisli yapıya sahip olan antenlerin geleneksel üretim teknikleri ile üretimi oldukça zordur ancak üç boyutlu baskı teknolojileri, anten üretiminde oldukça önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çalışmada tasarlanan antenler, bilgisayar ortamında

oluşturulmuş ve antenlerin benzetimleri yapılmıştır. Önerilen antenlerin optimizasyonları ve üretimlerine ise devam edilmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada ele alınan anten tasarımları Şekil 1’de verilmiştir. Tasarımı Şekil 1a’da verilen ve kavisli alttaş yapısına sahip anten tasarımı, polilaktik asit (PLA) malzemesi ($\epsilon_r = 2.54$, $\tan\delta = 0.015$) kullanılarak oluşturulan alttaş üzerine mikroserit hat beslemeli dikdörtgen bakır yama yerleştirilerek oluşturulmuştur. Kavisli alttaş ile düz alttaş tasarımları arasında kıyaslama yapabilmek için Şekil 1b’de görüldüğü gibi, alttaşın kavisli olan bölümünü kaplayan bakır düzlemin iz düşümü ile aynı boyutlara sahip olacak şekilde düz bir alttaş üzerinde dikdörtgen şekilli mikroserit anten tasarımı yapılmıştır. Ayrıca yama üzerinde açılan yarıkların, anten performansına etkilerini görmek için Şekil 1c ve Şekil 1d’de verilen tasarımlar geliştirilmiştir. Düz alttaş üzerinde oluşturulan anten tasarımlarının ölçüleri, kavisli anten tasarımının iz düşümünün alınması ile belirlenmiştir.



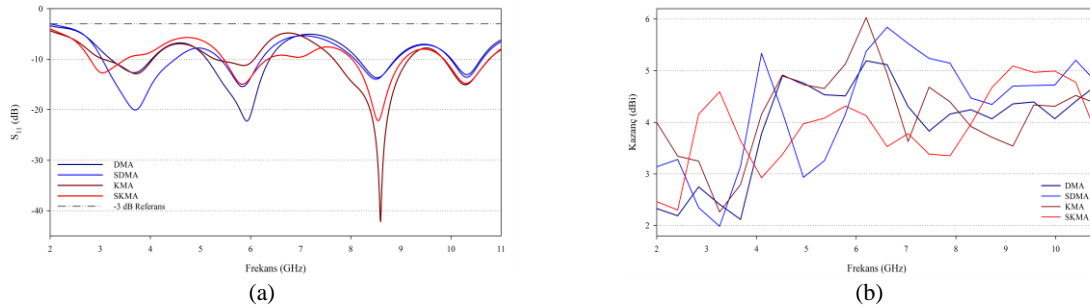
Şekil 1. Benzetim ortamında oluşturulan (a) kavisli (KMA), (b) düz (DMA), (c) yarık barındıran kavisli (YKMA) ve (d) yarık barındıran düz MA (YDMA) tasarımları.

Antenlerin fiziksel ölçüleri Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda yer alan h , t , AU , AG , U , G , YU , YG , BU , BG , Y ve Z -offset parametreleri sırasıyla alttaş kalınlığını, bakır kalınlığını, alttaş uzunluğunu, alttaş genişliğini, yama uzunluğunu, yama genişliğini, yarık uzunluğunu, yarık genişliğini, besleme uzunluğunu, besleme genişliğini, kavisli yapının yarı çapını ve kavisli yapının merkez noktasının alttaş ile arasındaki mesafeyi temsil etmektedir.

Tablo 1. Tasarlanan antenlerin fiziksel parametreleri ve değerleri

Parametre	Değer	Parametre	Değer	Parametre	Değer	Parametre	Değer
h	2 mm	AG	70 mm	YU	15 mm	BG	3 mm
t	0.035 mm	U	22.50 mm	YG	25 mm	Y	12 mm
AU	70 mm	G	42.50 mm	BU	23.75mm	Z-ofset	2.175 mm

Şekil 1’de tasarımları verilen antenlerin benzetimleri, bir tam dalga elektromanyetik hesaplama yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tasarlanan antenlerin benzetimleri sonucu elde edilen saçılım parametresinin (S_{11}) genlikleri Şekil 2a’da, herhangi bir açıdaki maksimum kazançları ise Şekil 2b’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 2. DMA, YDMA, KMA ve YKMA tasarımlarına ait $|S_{11}|$ eğrileri.

Şekil 2a’da verilen $|S_{11}|$ eğrileri incelendiğinde, antenlerin 2 GHz ile 11 GHz aralığında -3 dB referansının altında bulunduğu, ancak özellikle 4 frekans bandında başarılı performans gösterdiği görülmektedir. 2 GHz ile 5 GHz aralığındaki ilk frekans bandında YDMA’nın iyi bir performans sergilediği görülmektedir. Bu bantta YKMA tasarımı ise daha düşük frekanslarda çalışabilmektedir. Aynı frekanslar aralığı için Şekil 2b’deki kazanç eğrileri incelendiğinde, YDMA’nın kazancının 4 GHz frekansı için YKMA’dan daha iyi olduğu, onun dışındaki frekanslar için ise YKMA’nın kazancının YDMA’dan daha iyi olduğu görülmektedir. 5 GHz ile 7 GHz aralığında DMA iyi bir performans sergilerken YKMA’nın $|S_{11}|$ performansının ise -10 dB civarında bulunduğu

görülmektedir. Anten ölçülerinde yapılacak küçük değişimlerle bu aralıktaki –10 dB bant genişliğinin artırılması sağlanabilmektedir. Bu anlamda KMA ve YKMA yapıları, büyük bir esneklik sağlamaktadır. Aynı frekans bandı için KMA'nın kazancı, diğer tasarımlara göre daha yüksek olmuştur. 7 GHz ile 9.5 GHz aralığında KMA, diğer anten tasarımlarına göre daha yüksek bant genişliği sunmaktadır. Ayrıca bu aralıkta YKMA için $|S_{11}|$ eğrisi, yine –10 dB civarında bulunmaktadır. Tasarımda yapılacak küçük boyut değişimleri, performansın artmasını sağlamaktadır. 9.5 GHz ile 11 GHz aralığında ise bütün tasarımlar benzeri performansı sergilemeye başlamıştır. Kazanç açısından incelemek gerekirse, YKMA tasarımı 8 GHz ile 10 GHz arasında en yüksek kazancı sunarken, YDMA tasarımı ise 6 GHz ile 11 GHz aralığında en yüksek kazancı sunmaktadır. Tasarlanan iyi performans sergiledikleri frekans aralıkları, bu frekans bantları için sahip oldukları –10 dB bant genişlikleri ve yama için kullanılan bakır alanı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bu çalışmada tasarlanan antenlerin çalıştığı frekans aralıkları

Anten	Frekans Bantları ve Bant Genişlikleri (GHz)								Toplam Bant Genişliği (GHz)	Bakır Alan (mm ²)
	Bant #1		Bant #2		Bant #3		Bant #4			
	$f_{1,alt}$	$f_{1,ust}$	$f_{2,alt}$	$f_{2,ust}$	$f_{3,alt}$	$f_{3,ust}$	$f_{4,alt}$	$f_{4,ust}$		
DMA	3.208	4.026	5.125	6.383	8.146	8.912	10.010	10.597	3.429	956.250
	0.818		1.258		0.766		0.587			
YDMA	3.037	4.494	5.396	6.219	8.081	8.894	9.991	10.626	3.728	581.250
	1.457		0.823		0.813		0.635			
KMA	3.058	4.049	5.297	6.071	7.661	9.161	9.849	10.764	4.180	1239.790
	0.911		0.774		1.500		0.915			
YKMA	2.795	3.506	5.462	6.341	8.024	9.059	9.859	10.769	3.535	882.540
	0.711		0.879		1.035		0.910			

Tablo 2'den görüldüğü gibi KMA yapısı, eşdeğeri DMA yapısına göre %21.9 daha fazla, YKMA ise eşdeğeri YDMA yapısına göre %5.17 daha az bant genişliği sunmaktadır. YKMA'nın sunduğu bant genişliğinin artırılmasında yarı boyutları önemli rol oynamaktadır.

3. Sonuç

Bu çalışmada, bant genişliğini artırmak için yarı-silindirik şeklinde kavisli MA tasarımları önerilmiştir. Tasarlanan antende bakır yama, PLA malzeme kullanılarak oluşturulan ve bir bölümünde kavis içeren alttaş üzerine yerleştirilmektedir. Kavisin yarıçapı ve uzunluğu, antenin çalışma frekansı ve bant genişliği üzerinde etkilidir. Antenin çalışma frekanslarının ayarlanması ve bant genişliğinin artırılması veya sınırlandırılması için kavisli yapının boyutlarının değiştirilmesi ve yarı boyutlarının optimize edilmesi önemlidir. Sunulan dört farklı MA'nin sonuçları karşılaştırıldığında, kavisli MA yapısının bant genişliğinin artırılmasında başarılı bir sonuç verdiği görülmektedir. Sonuç olarak, önerilen antenin özellikleri kablosuz uygulamalara, havacılık- uydu çalışmalarına ve biyomedikal uygulamalara fayda sağlayacaktır. Ayrıca, klasik yöntemler ile üretilmeyen bu antenler 3-boyutlu baskı teknolojisi ile hem ucuz yolla hem de rahatlıkla üretilip hatta farklı dielektrik alttaş yapımı sağlamasıyla önemli bir fayda sağlayacaktır.

4. Kaynaklar

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. 2005.
- [2] S. Pinhas and S. Shtrikman, "Comparison between computed and measured bandwidth of quarter-wave microstrip radiators," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 36, no. 11, pp. 1615–1616, 1988.
- [3] S. A. Bokhari, J. F. Zürcher, J. R. Mosig, and F. E. Gardiol, "A small microstrip patch antenna with a convenient tuning option," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 44, no. 11, pp. 1521–1528, 1996, doi: 10.1109/8.542077.
- [4] B. Lee and F. J. Harackiewicz, "Miniature microstrip antenna with a partially filled high-permittivity substrate," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 50, no. 8, pp. 1160–1162, 2002.
- [5] Y. Zhu *et al.*, "A 3-D Printed Spherical Antenna With Bandwidth Enhancement Under Operation of Dual Resonance," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 19345–19352, 2020, doi: 10.1109/access.2020.2968187.
- [6] G. Muntoni *et al.*, "A Curved 3-D Printed Microstrip Patch Antenna Layout for Bandwidth Enhancement and Size Reduction," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 19, no. 7, pp. 1118–1122, 2020, doi: 10.1109/lawp.2020.2990944.