

Fibonacci Fraktal Ağaç Antenler

Başak Özbakış ve Alp Kuştepli
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Urla, İzmir
basakak@iyte.edu.tr, alpkustepeli@iyte.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, sabit dal uzunluk oranına sahip olmayan fraktal ağaç antenlerin dal geometrileri değiştirilerek rezonans frekanslarındaki düşme incelenmiştir. Sabit olmayan dal uzunluk oranları Fibonacci sayı dizisi kullanılarak elde edilmiştir. Farklı dal geometrileri ise ağaç dallarının sağa ve sola doğru açılmasıyla oluşturulmuştur.

1. Giriş

Basit bir geometrik şeklin, farklı pozisyonlarda ve yönlerde defalarca kendisini tekrarlamasıyla oluşturduğu fraktal yapı, Öklid geometrisine sahip bir yapıya göre farklı özelliklere sahiptir [1]. Sierpinski Koch ve Minkowski bu tip yapıların en çok bilinenleridir. Fraktal yapılar kendilerini sürekli tekrarladığından çok ve geniş bantlı anten tasarımlarında kullanılmakta ve bunun yanı sıra sahip oldukları özel geometrileri sayesinde küçük bir antenin düşük frekanslarda rezonansa girebilmesine olanak sağlamaktadırlar [2]-[3]. Ayrıca fraktal ağaç yapılar monopol ve dipol antenlerin rezonans frekansını etkin bir şekilde düşürebildiğinden anten tasarımlarında kullanılmaktadır [4]-[5]. Ağaç antenlerin dal uzunlukları [4]'te antenin tepe noktasından tabanına 1, 2, 4, 8, 16, 32, ... sayılarına göre değişecek ve dallar arasında 1/2 gibi sabit bir oran oluşturacak şekilde tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda farklı küçültme oranlarına sahip fraktal ağaç antenler tasarlanmış olsa da, bu antenlerin dal uzunluk oranları yine sabit alınmıştır [5].

Bu çalışmada ise dal uzunluk oranları sabit olmayan, dal geometrileri değiştirilmiş fraktal ağaç antenler incelenmiştir. Sabit olmayan dal uzunluk oranlarını belirleyecek olan dal uzunlukları Fibonacci sayı dizisi kullanılarak elde edilmiştir. Ünlü bir İtalyan matematikçi olan Fibonacci (~1170 – ~1240), doğayı gözlemlemesi sonucu bir sayı dizisi geliştirmiştir [6]. Fibonacci dizisindeki sayılar,

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad n > 2 \quad \text{ve} \quad F_2 = F_1 = 1 \quad (1)$$

kendini tekrarlayan bir algoritmayla 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, ... şeklinde oluşur. Daha değişik bir anten yapısı elde etmek için bu diziden ilk sayı çıkartılıp yukarıdaki algoritma kullanılarak yeni bir sayı dizisi 1, 2, 3, 5, 8, 13, ... şeklinde elde edilmiştir. Bu iki sayı dizisi daha önce kapalı dal geometrisine sahip ağaç anten tasarımlarında kullanılmıştır [7]. Bu çalışmada ise açık dal geometrisine sahip ağaç antenler tasarlanmış ve bu antenlerin rezonans frekansındaki kaymaya etkileri incelenmiştir.

Doğada Fibonacci sayı dizilerini içeren birçok örnek bulunmaktadır. Bazı bitkilerdeki dal ve yaprak sayıları, petek ve sarmal sayıları Fibonacci sayılarını içermektedirler. Bunun yanı sıra Fibonacci sayı dizisi mühendislik, mimarlık ve sanat gibi alanlarda kullanılmıştır. Bu sebeple bu çalışmada ilginç Fibonacci sayılarının fraktal ağaç anten tasarımında farklı geometrilerde nasıl sonuç vereceği incelenmiştir.

2. Anten Geometrisi

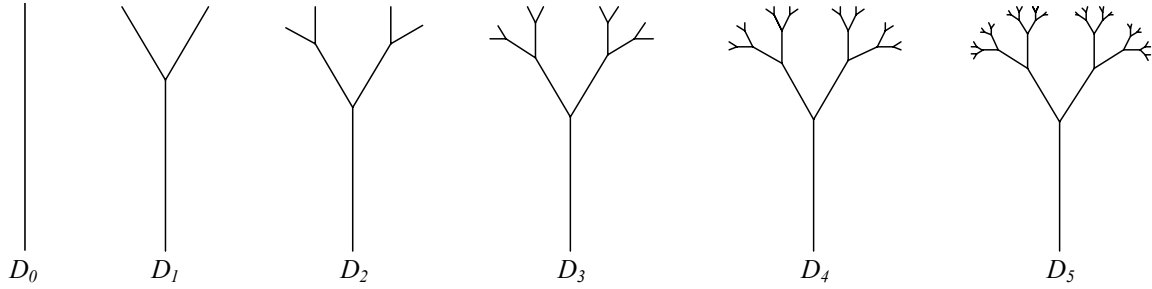
Daha önce incelenmiş olan ağaç antenler genel olarak Şekil 1'de gösterildiği gibi kapalı dal geometrisine sahiptirler [7]. Bir sonraki dal uzunluğu bir öncekinin iki katı olan fraktal ağaç antenler Şekil 1a'da verilmekte ve D antenler olarak adlandırılmışlardır. Dal uzunlukları Fibonacci dizisine göre değişen antenler Fibonacci fraktal ağaç antenleridir ve Şekil 1b'de gösterilmekte olan bu antenler F antenleri olarak adlandırılmışlardır. Dal uzunlukları, değiştirilmiş Fibonacci dizisine göre tasarlanan ağaç antenler ise F_m anteni olarak adlandırılırlar.

Aynı dal uzunluğuna sahip antenlerin geometrilerinin rezonans frekansına etkisini inceleyebilmek için birbirini takip eden dalların sağa ve sola 30° açılarak oluşturduğu yeni tasarlanan ağaç antenler, aynı şekilde adlandırılmış

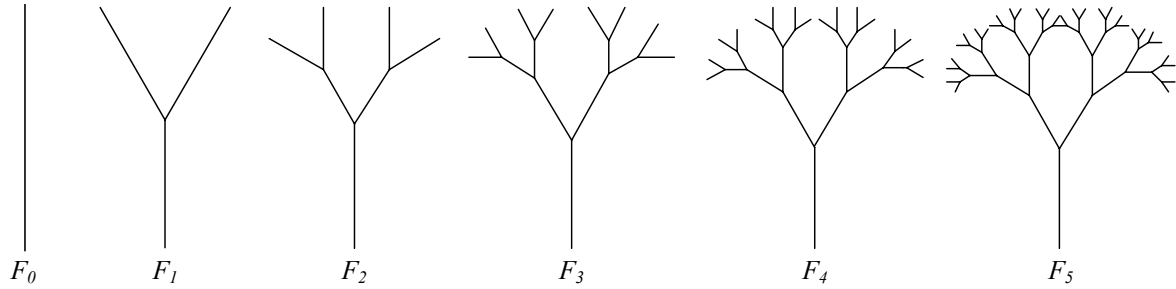
açık geometriye sahip antenlerdir. Bu yolla tasarlanan D antenleri Şekil 2’de ve F antenleri Şekil 3’te verilmektedir. F_m anteninin geometrisi ise düşük iterasyonlarda F anteninden biraz farklı olmakla beraber iterasyon sayısı arttıkça iki anten birbirine oldukça benzer hale gelmektedir.



Şekil 1 Fraktal ağaç antenlerin dördüncü iterasyonları. a) D anteni b) F anteni.



Şekil 2 D anteninin geometrisi.



Şekil 3 F anteninin geometrisi.

3. Benzetim Sonuçları

Benzetim sonuçları tabandan tepe noktasına kadar uzaklığı 3.75 cm ve yarıçapı ise 0.0075 cm olan sonsuz uzunlukta mükemmel bir iletken üzerine yerleştirilmiş monopol ağaç antenler için SuperNEC 2.7 kullanılarak elde edilmiştir [8]. Tüm yapılar için bulunan rezonans frekansları ve frekans kayma miktarları Tablo 1’de verilmiştir. Bu tabloda r_D , r_F ve r_{Fm} ile sırasıyla D , F ve F_m antenlerin rezonans frekansları gösterilmektedir. Yüzde kaymalar ise F antenlerin D antenlerine göre olan frekans kaymalarının, D antenlerin düz monopol antene

Tablo 1 Rezonans frekansları* ve kayma yüzdeleri.

itr	Kapalı antenler					Açık antenler				
	r_D	r_{Fm}	% Kayma	r_F	% Kayma	r_D	r_{Fm}	% Kayma	r_F	% Kayma
0	1900	1900	-	1900	-	1900	1900	-	1900	-
1	1590	1590	-	1550	13	1590	1590	-	1550	12.9
2	1400	1360	8	1350	10	1392	1351	8	1308	16.5
3	1300	1255	7.5	1250	8.3	1262	1207	8.6	1168	14.7
4	1245	1200	6.8	1195	7.6	1174	1090	11.5	1065	15
5	1200	1158	6	1155	6.4	1125	1019	13.6	1000	16.1

* Tüm frekanslar MHz olarak verilmiştir.

göre olan frekans kaymaları ile karşılaştırılmasından elde edilmiştir. Bu karşılaştırma kapalı ve açık geometrilere i 'yinci iterasyon için, D anteninin rezonans frekansı r_{Di} , F veya F_m anteninin rezonans frekansı r_{fi} ve düz monopol anteninin rezonans frekansı r_{sd} değerleri kullanılarak

$$\frac{r_{Di} - r_{fi}}{r_{sd} - r_{Di}} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Düz monopol anteninin rezonans frekansı Tablo 1'de verildiği üzere 1900 MHz'dir. İterasyon sayısı arttıkça kapalı ve açık dal geometrisine sahip antenlerin rezonans frekansı düşmektedir. Bu tablodan görüldüğü üzere açık geometriye sahip antenler daha önce incelenmiş olan kapalı antenlere göre daha iyi bir performans göstermektedirler. Kapalı ve açık D antenleri için alt iterasyonlarda rezonans frekansında pek fazla değişim olmamakta, üst iterasyonlarda ise en fazla 75 MHz'lik bir fark sağlanmaktadır. Kapalı ve açık F antenleri incelendiğinde ise alt iterasyonlarda artmaya başlayan fark üst iterasyonlarda 155 MHz'ye ulaşmaktadır. Kapalı D yerine kapalı F anteni kullanılarak ancak 45 MHz'lik bir iyileştirme sağlanabilmiş olmasına rağmen, açık antenler karşılaştırıldığında iyileştirmenin 125 MHz'ye kadar çıktığı görülmektedir. Dolayısı ile rezonans frekansındaki kayma açısından bakıldığında en iyi sonucu veren açık F anteni olmakta ve rezonans frekansı 1000 MHz'ye düşmektedir. Tabloda verilen yüzde kayma oranları incelendiğinde, iterasyon sayısı arttıkça kapalı dal geometrisine sahip antenlerin yüzde kayma oranlarının düştüğü, açık dal geometrisine sahip antenlerin ise yüzde kayma oranlarının genel olarak giderek arttığı görülmektedir. Bu sebeple, tasarlanan fraktal ağaç antenler arasında açık Fibonacci antenler rezonans frekansını kaydırmakta diğer antenlere göre ve özellikle de D antene göre çok daha etkilidirler. Tablodaki değerler incelendiğinde ortaya çıkan diğer bir çarpıcı sonuç ise kapalı F anteninin açık D anteni ile hemen hemen aynı performansı sergileyebilmesidir. Ayrıca antenlerin rezonans frekansları incelendiğinde D_4 anteni yerine yaklaşık olarak aynı rezonans frekansına sahip fakat daha basit bir yapı olan F_3 anteni kullanılabilir. Aynı durum bir sonraki iterasyonlar için de geçerli olmakla beraber F_4 anteninin rezonans frekansı D_5 anteninden 60 MHz daha düşüktür. Sınırlı yer sebebiyle burada bahsedilemeyen fraktal boyutun, iterasyon ve anten bazında inceleme yapıldığında kapalı yapılardan açık yapılara geçilirken, çok az değişmesine ve bazı durumlarda ise hiç değişmemesine rağmen rezonans frekansında önemli kaymalar olduğu da görülmektedir. Dolayısı ile genel olarak antenlerin fraktal boyutu pek değiştirilmeden sadece geometri değiştirilerek rezonans frekansında düşme sağlanmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada sabit olmayan dal uzunluk oranına, açık ve kapalı dal geometrilerine sahip fraktal ağaç antenlerin rezonans frekanslarındaki kaymalar incelenmiştir. Sabit olmayan dal uzunluk oranları özel bir dizi olan Fibonacci sayı dizisi kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemle bulunan sonuçlar sabit dal uzunluk oranına sahip ağaç anten sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Açık antenlerin rezonans frekansını kaydırmaya olan etkisi kapalı antenlerden daha fazladır. Ayrıca bu çalışmada karmaşık yapıdaki bir D fraktal ağaç anten yerine aynı performansa sahip daha basit yapıda Fibonacci antenlerin kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda daha değişik anten tasarımları incelenmektedir. Sunumda dönüş kaybı, sistem kazancı, anten ışınma diyagramı ve kalite faktörü ile ilgili grafiklere de yer verilecektir.

Kaynaklar

- [1] Falconer, K., "Fractal Geometry," Wiley&Sons Inc., İngiltere, 1990.
- [2] Puente, C. B., Romeu, J., Pous, R., and Cardama, A., "On the Behaviour of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna," IEEE Trans. on Antennas and Propagat., 46(4), s.517-524, Nisan 1998.
- [3] Puente, C. B., Romeu, J. ve Cardama A., "The Koch Monopole: A Small Fractal Antenna," IEEE Trans. on Antennas Propagat., 48, s.1773-1781, Kasım 2000.
- [4] Gianvittorio, J. ve Rahmat-Samii, Y., "Fractal Antennas: A Novel Antenna Miniaturization Technique," IEEE Antennas Propagat. Mag., 44, s.20-36, Şubat 2002.
- [5] Vinoy K. J., Abraham K. J. ve Varadan K. V., "Fractal Dimension and Frequency Response of Fractal Shaped Antennas," in Proc. IEEE Antennas and Propagat. Soc. Int. Symp., Columbus, OH, USA, Haziran 2003, s. 222-225.
- [6] Koshy, T., "Fibonacci and Lucas Numbers with Applications," Wiley&Sons Inc., USA, 2001.
- [7] Ozbakis, B. ve Kustepeli, A. "Two Novel Designs for Fractal Tree Antenna Applications," URSI Int. Symp. on Electromagnetic Theory, Pisa, İtalya, Mayıs 2004, s.245-247.
- [8] SuperNEC 2.7 Academic version , Poynting Software Ltd., www.poynting.co.za.