

Elektromanyetik Benzetim Ortamında Genetik Algoritmalar Kullanarak Geniş Bantlı Log-Periyodik Anten Dizgesi Tasarımı

Özgür Ergül ve Levent Gürel
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent Üniversitesi
Ankara
lgurel@bilkent.edu.tr

Özet

En geniş tanımıyla log-periyodik antenler, belli bir geometrik katsayı ile gitgide büyüyen ya da küçülen elemanların elektriksel olarak birleştirilmesiyle oluşturulan ve bu özel yapıları sayesinde geniş bantlar içerisinde yaklaşık olarak frekanstan bağımsız ışıma özellikleri gösterebilen antenlerdir. Diğer anten çeşitleriyle de yapıldığı gibi, birden çok log-periyodik antenin bir araya getirilip çeşitli dizgelerin tasarlanması mümkündür. Öte yandan, log-periyodik antenlerin dairesel olarak dizilmesi, onların frekanstan bağımsızlık özelliğinin korunması açısından önemlidir. Az sayıda antenden oluşan dizgelerin belli bir yönde maksimum ışına yapmasını sağlayacak olan kaynak değerleri deneme yoluyla bulunabilir. Ancak, çok sayıda antenden oluşan dizgeler için genetik algoritmalar gibi verimli metotların kullanılması zorunludur.

1. Log-Periyodik Anten Teorisi

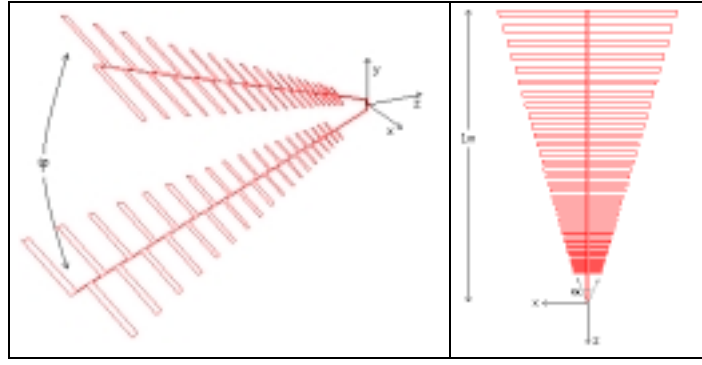
Log-periyodik antenlerin frekanstan bağımsız çalışması, doğrudan doğruya yüksek akımların bulunduğu ve aktif bölge olarak adlandırılan alanın geometrilerin üzerindeki yerleşimiyle bağlantılıdır. Genel olarak, dalga boyunun dörtte biri büyüklüğündeki elemanların üzerinde oluşan bu bölge, frekansın değişimiyle anten üzerinde hareket eder. Aktif bölgenin anten üzerinde gerekli elemanları bulabildiği ve yerleşebildiği durumlarda log-periyodik antenin işlevsel olduğu söylenebilirken, diğer durumlarda bu söylenemez.

Aktif bölgenin anten üzerindeki dağılımı, geometrik katsayı ile artan veya azalan ardışık frekanslarda yaklaşık olarak benzerdir. Bir başka deyişle, aktif bölgenin ardışık iki frekansta yer değiştirmesi, onun durağan olması ve antenin geometrik katsayı ile ölçeklenmesiyle yaklaşık olarak eşdeğerdir. Antenin sonsuz büyüklükte olması durumunda bu eşdeğerlik tam olabileceken, elemanların kesintiye uğraması nedeniyle iki durum arasında bir miktar fark oluşmaktadır. Yine de, aktif bölgenin antenin boyuna göre küçüklüğü göz önüne alındığında ve bu bölgenin antenin iki ucuna da çok yaklaştırılmayacağı düşünüldüğünde, bu farkın önemsiz olduğu anlaşılabilir. Sonuç olarak, geometri ve dalga boyunun aynı oranda değiştiği, bu yüzden de antenin, ardışık iki frekans için, aynı elektriksel özellikleri göstermesi gerektiği söylenebilir. Bunlara ek olarak, elemanların yeterince sık yerleştirilmesiyle aktif bölgenin ardışık frekanslar arasındaki hareketi yumuşatılır ve anten üzerinde çok fazla şekil değiştirmeden ilerlemesi sağlanır. Bu sayede, zaten periyodik olmaya zorlanmış olan elektriksel özellikler, ara frekanslarda da çok fazla değişmezler ve anten yaklaşık olarak frekanstan bağımsız çalışır [1]-[2].

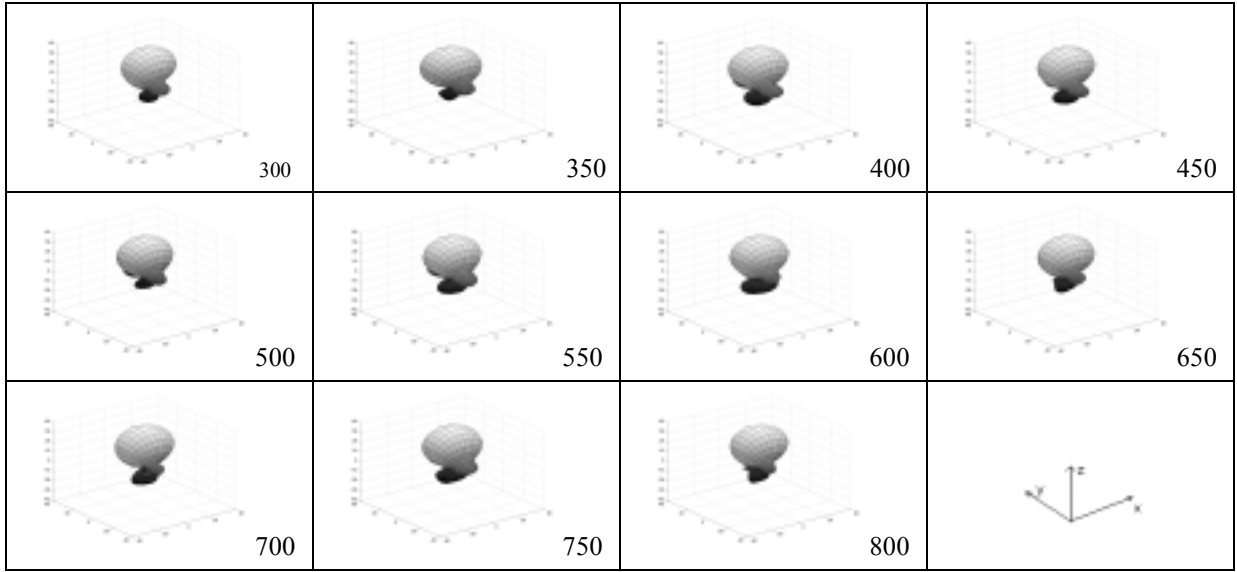
2. Log-Periyodik Anten Tasarımı

Şekil 1'de gösterilen log-periyodik anten tasarımı 76 adet levha biçimindeki monopolün, elektriksel bağlantıyı sağlayan ve aralarında 45° bulunan iki gövdeye logaritmik bir düzen içerisinde tutturulmasıyla yapılmıştır. Geometrik katsayı 0.95 olarak alınmış, elemanların büyüme açısı, α , 30° olarak belirlenmiştir. En büyük ve en küçük elemanların uzunlukları ve aktif bölgenin yerleşim biçimi göz önüne alındığında, antenin 300-800 MHz aralığında yaklaşık olarak frekanstan bağımsız ışına yapacağı hesaplanmıştır. Bu değerlerin belirlenmesinde, aktif bölgenin sadece tek bir eleman üzerinde değil, birkaç eleman üzerinde bulunabileceği hesaba katılmış, bu bölgenin antenin geniş ve dar uçlarına çok fazla yaklaşmaması gerektiği düşünülmüştür.

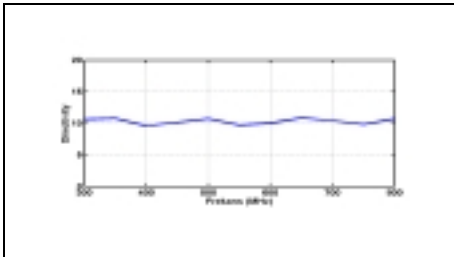
Tasarımın elektromanyetik benzetim ortamında çözülmesinden elde edilen uzak alan ışıma grafikleri Şekil 2'de, frekansa bağlı yönlülük (directivity) değerleri ise Şekil 3'te verilmiştir. Işıma grafiklerinde dB ölçeği kullanılmış, 40 dB maksimum olacak şekilde normalizasyon uygulanmıştır. Bu grafiklerinin birbirine çok benzemesi ve yönlülüğün frekanstan bağımsız, 10-11 civarında değerler alması, tasarımın öngörülen aralık içerisinde yaklaşık olarak frekanstan bağımsız ışına yapabildiğini göstermektedir.



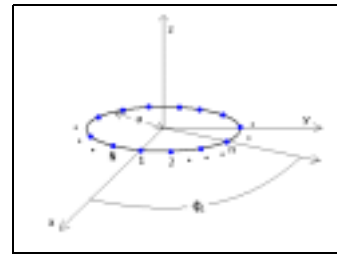
Şekil 1. Log-periyodik anten tasarımı.



Şekil 2. Frekansa (MHz) bağı uzak alan ışıma grafikleri.



Şekil 3. Frekansa bağı yönlülük değerleri.



Şekil 4. Dairesel dizge.

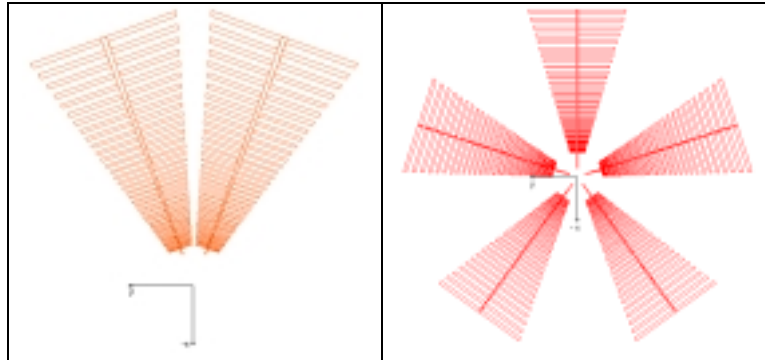
3. Log-Periyodik Anten Dizgesi Tasarımı

Diğer anten çeşitleriyle de yapıldığı gibi, birden çok log-periyodik antenin bir araya getirilip çeşitli dizgelerin tasarlanması mümkündür. Öte yandan, log-periyodik antenlerin dairesel olarak dizilmesi, onların frekanstan bağımsızlık özelliğinin korunması ve çok daha işlevsel dizgelerin elde edilmesi açısından önemlidir. Şekil 4'te, N adet antenin "a" yarıçaplı bir daire üzerinde dizilmesi gösterilmiştir. Nokta ile temsil edilen her bir antenin I_n büyüklüğüne ve α_n fazına sahip farklı bir kaynakla beslendiği hesaba katılırsa, dizge faktörü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$AF(\Theta, \Phi) = \sum_{n=1}^N I_n e^{j(ka \sin \Theta \cos(\Phi - \Phi_n) + \alpha_n)}$$

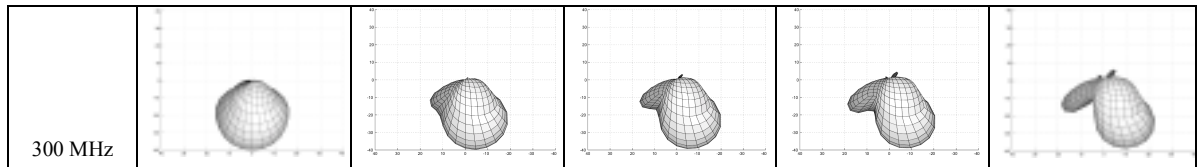
Formüldeki "k" faz sabitidir ve dizge faktörünün frekansa bağımlılığını temsil eder. Log-periyodik antenlerin dairesel olarak dizilmesi durumunda ise bu bağımlılık yok olmaktadır. Çünkü aktif bölgenin anten üzerindeki pozisyonu da doğrudan frekans ile ilişkilidir. Eğer antenlerin merkezleri tek bir noktaya ayarlanırsa, aktif alanların bu merkeze uzaklığı dalga boyu ile orantılı hale gelir. Son olarak, ışınımların büyük bir kısmının aktif alanda bulunan yüksek akımlar tarafından üretildiği düşünülürse, log-periyodik antenlerden oluşan dairesel bir dizgenin yarıçapının sabit olmadığı, hareket eden aktif alanların sayesinde dalga boyu ile orantılı olduğu kabul edilebilir. Böylece formülde bulunan "ka" faktörü frekanstan bağımsız bir sabite dönüşür.

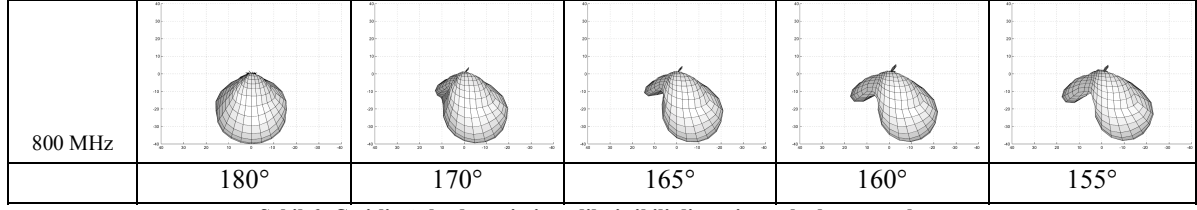
Bir dizgenin ışınımı dizgeyi oluşturan elemanlardan birinin ışınımlarıyla (x-ekseni üzerindeki) dizge faktörünün çarpımı olduğundan ve log-periyodik antenler frekanstan bağımsız çalıştığından, dairesel log-periyodik anten dizgelerinin de frekanstan bağımsız olması beklenebilir. Öte yandan, bunun tamamen doğru olduğunu söylemek de güçtür. Nitekim, formülde verilen dizge faktörü antenlerin birbirleriyle etkileşmediğini kabul etmektedir ki, bu mümkün değildir. Özellikle karşı karşıya konulan log-periyodik antenlerin birbirleri üzerindeki akım dağılımlarını şiddetli biçimde bozdukları, böylece aktif bölgelerin antenler üzerindeki yerleşimlerinin bozulduğu gözlemlenmiştir. Bu etkileşimin, yan yana konulan antenler arasında nispeten daha az olduğu da anlaşılmıştır.



Şekil 5.a. İki log-periyodik anten dizgesi. Şekil 5.b. Beşli log-periyodik anten dizgesi.

İki log-periyodik antenin aralarında 40° olacak şekilde dairesel olarak konulmasından elde edilen dizge, Şekil 5.a'da gösterilmiştir. Böyle bir dizgenin ışınımının yönlü olacağı tahmin edildiğinden, antenlere çeşitli kaynak değerleri vererek bu ışınımın istenilen bir yöne çevrilmesi amaçlanmıştır. Dizge sadece iki antenden oluştuğundan, gerekli kaynak değerlerinin bulunması tarama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Büyüklük değerleri 0.1 aralıklarla 0 'dan 1 'e, faz değerleri ise 20° aralıklarla 0 dereceden 360 dereceye kadar taranmış, maksimum ışınımın 5 farklı yöne çevrilebilmesi için gerekli olan kaynak değerleri 550 MHz için bulunmuştur. Bu kaynak değerleriyle 300 ve 800 MHz'de elde edilen uzak alan ışınımları Şekil 6'de gösterilmiştir.





Şekil 6: Çeşitli yönlerde optimize edilmiş ikili dizgenin uzak alan ışınımları.

4. Genetik Algoritmaların Dizge Tasarımında Kullanılması

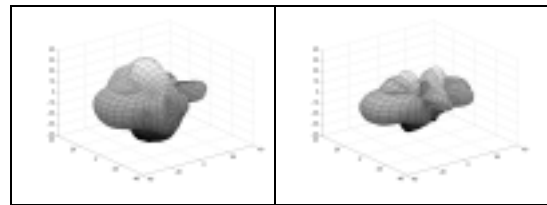
Şekil 5.b'de gösterilen dizge, beş adet log-periyodik antenin dairesel olarak dizilmesiyle oluşturulmuştur. Antenlere gerekli kaynakların bağlanmasıyla toplam ışınımın $-x$ yönünde maksimum yapılması amaçlanmıştır. Öte yandan, tarama yöntemiyle kaynak değerlerinin bulunması bu problem için mümkün değildir. Çünkü, bir önceki aralıklar kullanıldığında, bu yöntemle yaklaşık olarak 10^9 denemenin yapılması gerekmektedir. Bu yüzden, bu tür problemlerde başarılı olduğu bilinen genetik algoritmaların kullanılmasına karar verilmiştir.

Genetik algoritmalar, ilginç bir şekilde, biyolojik doğal seçim yasalarını sayısal problemlere uygulayan ve çok bilinmeyenli optimizasyonlarda son derece başarılı olan algoritmalar [3]. Bu algoritmalar, havuz denilen ve belli sayıda bireyi içeren bir popülasyonu biyolojik kurallara göre devam ettirmeye dayalıdır. Bireyler arasında başarılı olanlar çiftleşmek, yeni nesle çocuk verebilmek, yani genlerini aktarabilmek için daha şanslıdır. Başarısız olanlar ise genlerini aktaramazlar ve gelecek nesle katkıda bulunamazlar. Bu şartlar altında, başlangıçta başarısız ve ortalama bireylerin sıkça bulunduğu havuzun kalitesi her yeni nesilde artar.

Beş antenli bir dizge tasarımında, 4 antenin kaynak değerini bulmak yeterli olacağından, toplam 8 parametre vardır. Havuzdaki her birey bu parametreler için başlangıçta rastgele belirlenen değerler verir. Bu değerlerin ikili sistemdeki karşılıkları bireylerin kromozomları olarak adlandırılır. Sekiz parametre için verilen değerlerin kaynaklar üzerinde denemesiyle birlikte, dizgenin $-x$ yönünde verdiği yönlülük değeri bireylerin başarı seviyesini belirler.

Bir bireyin genlerini bir sonraki nesle aktarabilmesi için başarılı olması şarttır. Sonraki nesillerin oluşturulabilmesi için başarılı bireyler seçilir ve bu bireylerin kromozomlarını uygun bir biçimde karıştırmaları sağlanır. Bu işlemle birlikte iki yeni kromozomun oluşmasıyla, yeni nesle ait olan iki birey de oluşmuş olur. Bu iki bireyin kendilerini oluşturan bireylerden daha başarılı olma ihtimali oldukça yüksektir. Böylece, her yeni nesil bir öncekine göre daha çok başarılı birey içerir. Öyle ki zamanla tüm bireyler birbirine benzer ve aynı derecede başarılı hale gelirler. Sonuç olarak optimizasyon bitmiş ve istenilen değerler elde edilmiştir.

Şekil 5.b'de gösterilen dizge için 20 birey büyüklüğünde bir havuz oluşturulmuş ve sadece 50 nesilden sonra $-x$ yönündeki ışınımın maksimum olması için gerekli olan kaynak değerleri bulunmuştur. Böylece, yaklaşık olarak 1000 deneme ile optimizasyon tamamlanmıştır. Şekil 7'de gösterilen iki uzak alan ışınım grafiklerinden ilki sadece x eksenindeki antene kaynak bağlanmasıyla, ikincisi ise genetik algoritmalarla bulunan değerlerin uygulanmasıyla elde edilmiştir. Son olarak, rastgele belirlenen kaynak değerlerinin tasarıma uygulanması ve elde edilen yönlülük değerlerinin, genetik algoritmalar ile elde edilenden daima daha düşük çıkması ile genetik algoritmaların doğruluğu desteklenmiştir.



Şekil 7. Beşli dizge, uzak alan ışınımları.

5. Sonuç

Log-periyodik antenlerin dairesel olarak dizilmesiyle elde edilen dizgelerin teorik olarak frekansa bağımsız çalışmaları gerektiği halde, antenlerin birbirleriyle etkileşmesinden dolayı, frekansa bağımlı ışınımlar da gösterebildikleri bilinmektedir. Bu etkileşimin matematiksel çözülmesi olmadığından, log-periyodik anten

dizge tasarımlarının devamlı olarak test edilmeleri gerekmektedir. Çok antenli dizgelerin test edilmesinde, genetik algoritmalar gibi verimli metotların kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu sayede tasarımların niteliği hakkında hızlı ve güvenilir bilgiler elde edilebilir ve çalışmalar hızlandırılabilir.

Kaynaklar

- [1] W. L. Stutzman ve G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1981; Section 6.5.
- [2] P. E. Mayes, *Frequency-Independent Antennas*. In: Y. T. Lo ve S. W. Lee, *Antenna Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1988; Chapter 9.
- [3] E. A. Jones ve W. T. Joines, "Design of Yagi-Uda Antennas Using Genetic Algorithms," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 45, No: 9, 1997.