

Geniş Bantlı Log-Periyodik Anten Dizgelerinin Genetik Algoritmalar Kullanılarak Tasarlanması

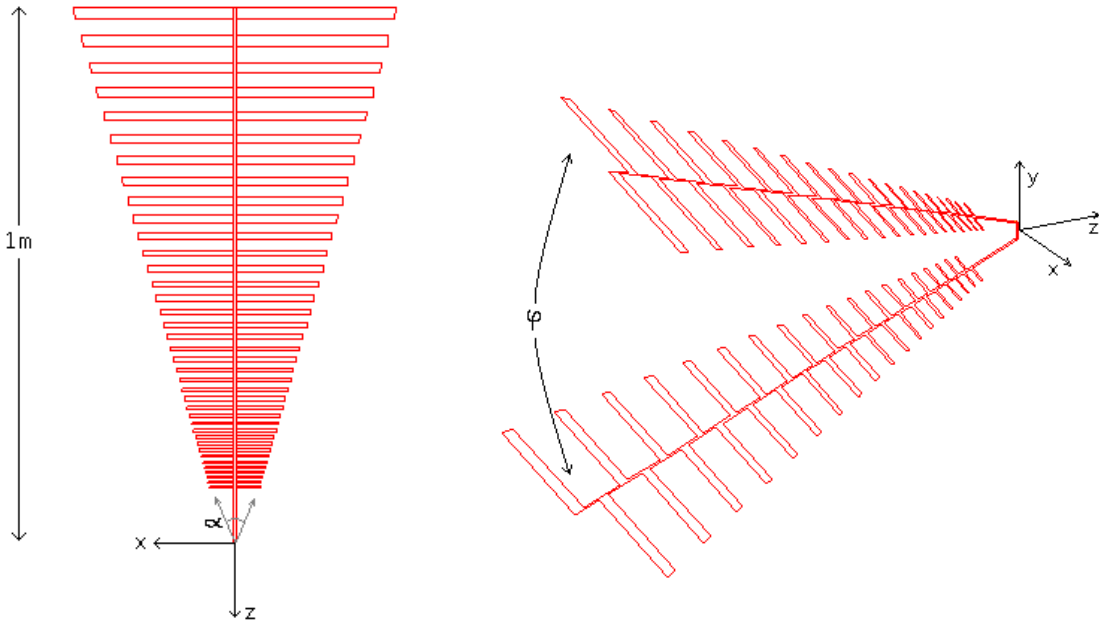
Levent Gürel ve Özgür Ergül
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent Üniversitesi, Ankara
lgurel@bilkent.edu.tr

Öz

Bu bildiriye, uydu ve uzay uygulamalarında da önemi olan geniş bantlı anten dizgelerinin tasarımıyla ilgili bilgi verilecektir. Log-periyodik antenlerin geniş bant özelliği ele alınacak, genetik algoritmalarla bu antenlerden nasıl dizgeler oluşturulduğu anlatılacak ve örnekleneyecektir.

1. Giriş

Antenler, uyduların en önemli bileşenlerindedir. Uydular üzerindeki fiziksel alanın ve hareket kabiliyetinin sınırlı olması nedeniyle, kullanılacak olan frekans bandının sabit parçalardan oluşan tek bir antenle kapsanması arzu edilir. Bu amaçla, geniş bantta ışınım yapabilen antenlerin tasarımı gereklidir. Log-periyodik antenler, geometrik yapılarından dolayı geniş bant özelliği gösterebilen antenlerdendir. Bu antenlerin ışınım özellikleri tasarım aşamasında karar verilen geometrik parametrelere göre belli bir frekans bandında yaklaşık olarak sabit tutulabilir. Ayrıca bunların uygun dizgeler haline getirilmesiyle istenilen yönlerde frekanstan bağımsız yayın yapabilen veya yayın alabilen sistemler kurulabilir. Bu sistemler uydu yer istasyonları için de son derece uygundur.



Şekil 1. Log-periyodik anten tasarımı, yukarıdan ve üç boyutlu görünüm

2. Log-Periyodik Anten Tasarımı

Bir log-periyodik anten büyüklük ve merkez noktasına uzaklığı bakımından logaritmik olarak tekrar eden elemanların oluşturduğu bir geometriye sahiptir. Teorik olarak elemanların hem dışı hem de merkez noktasına doğru sonsuza kadar devam etmesi gerektiği halde, pratikte anteni oluşturan eleman dizisi her iki taraftan da, gerekli bant genişliği göz önünde bulundurularak kesilir. Antenin doğru olarak çalıştığı frekans aralığı yüksek akımların bulunduğu aktif alanın anten üzerindeki pozisyonuyla ilgilidir. Genel olarak bu pozisyon dalga boyunun dörtte biri kadar uzun elemanların bulunduğu yere denk gelir ve yüksek frekanslardan düşük frekanslara gidildikçe aktif alan merkez noktasından antenin dışına doğru kayar. Sonuç olarak, belirli bir aralıkta frekanslara uygun uzunlukta elemanlar bulunabilir ve aktif alan antenin içine düştüğü için antenin doğru bir şekilde çalışması beklenebilir.

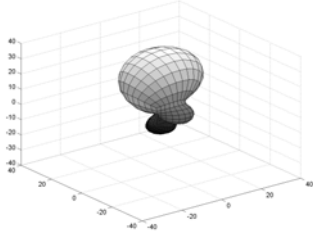
Log-periyodik antenlerin ilgi çekici yanı, geniş bantlar içerisinde yaklaşık olarak frekansa bağlı olmayan özellikler gösterebilmeleridir. Bu kabiliyetin kaynağı yukarıda anlatılan periyodik geometridir. Bu yapı sayesinde aktif alanın anten üzerindeki yayılımı logaritmik olarak artan frekanslarda benzerdir ve aktif alanın frekansa bağlı hareketi, aktif alanın durağan olması ve antenin ölçeklenmesiyle eşdeğerdir. Bu durumda logaritmik olarak katlanan frekanslarda antenin aynı şekilde çalışması beklenir. Eğer komşu elemanların arasındaki büyüklük katsayısı yeterince 1'e yakın yapılırsa, yani geometride yumuşak bir geçiş düzeni kurulursa, arada kalan frekanslarda da antenin işlevsel özelliklerindeki değişim çok değildir. Çünkü anten periyodik olarak aynı özellikleri göstermeye zorlanmıştır ve periyodun kısa tutulması sabit değerlerden fazla uzaklaşılmasını sağlar.

Şekil 1'de bir log-periyodik anten tasarımı görülmektedir. Bu tasarımda geometrik katsayı 0.95 olarak alınmış, her kolda 38 adet olmak üzere toplam 76 eleman kullanılmıştır. Ayrıca elemanların kalınlıkları boylarına göre çok küçük yapılmıştır. Bu tasarımdan da anlaşılacağı gibi, iki tane açısız parametre vardır ki, bunların belirlenmesi antene uygulanacak işleme bağlıdır. Bunlardan antenin genişlemesini belirleyen α açısı 30° olarak seçilmiş böylece ne çok düşük tutulup elemanların yeterli hızla büyümesi engellenmiş, ne de çok yüksek tutulup ileri aşamalarda anten dizgesi tasarımları için sorun çıkartılmıştır. İki kol arasındaki açı olan ϕ ise uzak-alan ışınım grafikleri dikkate alınarak 45° olarak belirlenmiştir.

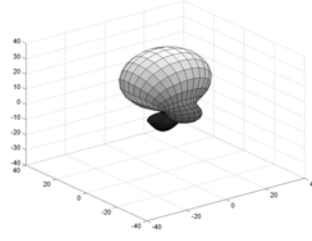
Tasarımın 300-800 MHz aralığındaki üç boyutlu uzak-alan ışınım grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Bu frekansların seçilmesinin nedeni antenin tek kolunun 1 m olarak tasarlanmasıdır. Unutulmamalıdır ki, farklı frekanslarda çalışan bir anten gerektiğinde bu tasarım uygun oranda ölçeklenerek kullanılabilir.

Grafiklerin hepsinde dB ölçeği kullanılmış, maksimum ışınım 40 dB olacak şekilde normalizasyon uygulanmıştır. Koordinat sisteminden anlaşılacağı gibi maksimum ışınım z yönündedir. Şekillere bakıldığında ışınımın neredeyse frekansa bağımsız olduğu görülebilir.

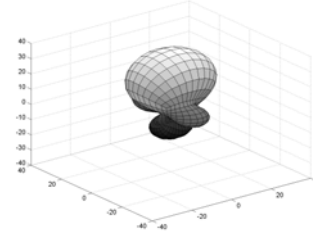
Şekil 1'de tanımlanan antenin directivity değerleri, frekansa bağlı olarak Şekil 3'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, antenin directivity değerleri, 300-800 MHz frekans aralığında çok az değişmektedir; 10-11 civarında hemen hemen sabit değerler almaktadır.



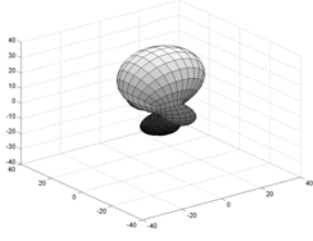
300 MHz



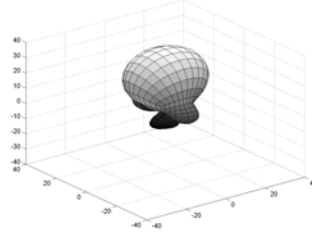
350 MHz



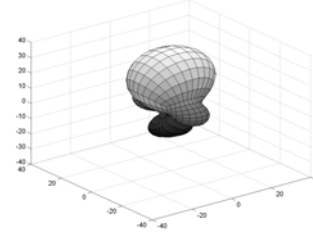
400 MHz



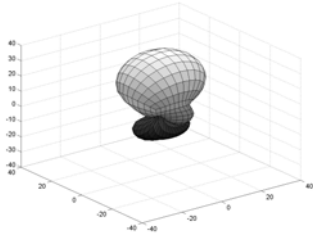
450 MHz



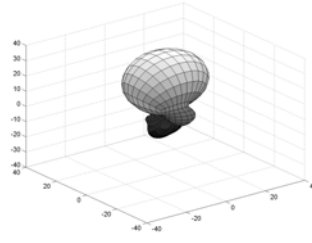
500 MHz



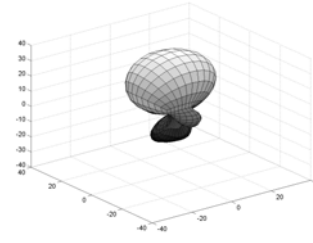
550 MHz



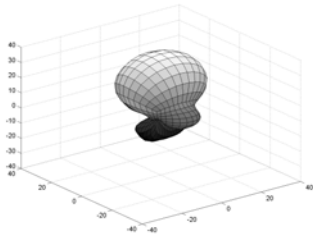
600 MHz



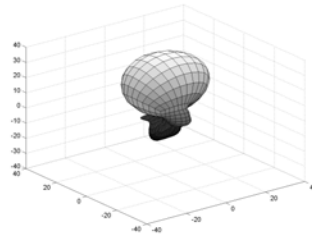
650 MHz



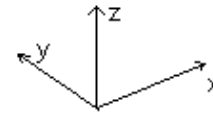
700 MHz



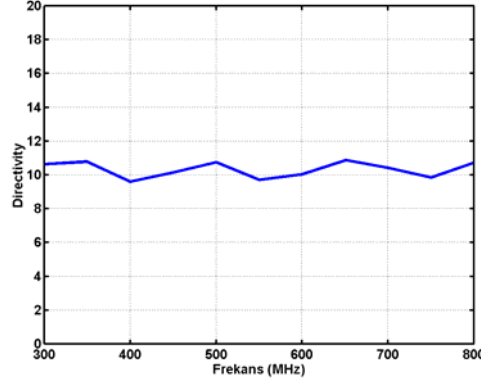
750 MHz



800 MHz



Şekil 2. Üç boyutlu uzak-alan ışınlam grafikleri



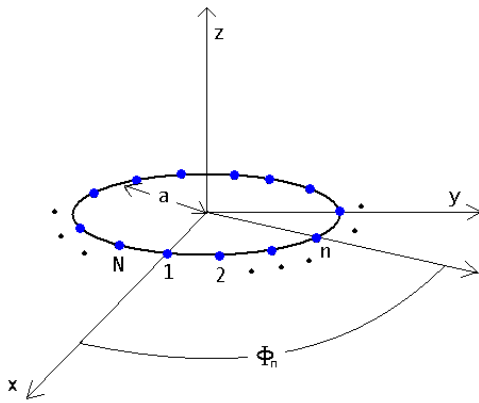
Şekil 3. Directivity

3. Log-Periyodik Anten Dizgesi Tasarımı

Antenleri kullanarak dizgelerin tasarlanması, kullanılan antenlerin iyi özelliklerini geliştirmek ve genelleştirmek açısından sıkça yapılan bir uygulamadır. Örneğin, daha önce tasarlanan log-periyodik antenden birkaç tanesini dairesel olarak birleştirebiliriz. Bu şekilde oluşacak olan yeni tasarım log-periyodik antenin frekanstan bağımsızlık özelliğini taşıyacaktır. Ayrıca tasarımı oluşturan antenlerin istenildiği zaman açılıp kapatılabilecek veya değişik güçlerde kaynaklara bağlanabilecek olması, ışınımın yönünü kontrol etmeyi mümkün kılacaktır. Özellikle maksimum ışınım yönünün seçilebilir olması sabit bir anten dizgesi için büyük bir avantaj olacaktır.

Teorik olarak bir dizgenin uzak-alan ışınımı, dizgeyi oluşturan antenlerin uzak-alan ışınımından kolayca hesaplanabilir. Genel olarak yeni ışınım, eski ışınımın dizge faktörü denilen ve yöne bağlı olan bir fonksiyonla çarpımıdır. Dairesel bir dizge için dizge faktörü ise aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

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

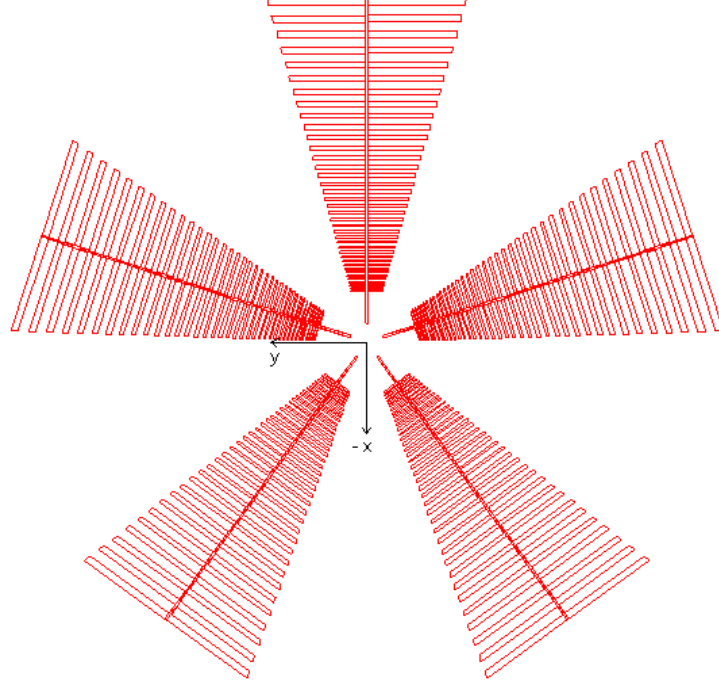


Şekil 4. Dairesel dizge.

Şekilden de anlaşılacağı gibi bu formülde 1'den N'e kadar olan dizge elemanları I_n büyüklüğüne ve α_n fazına sahip kaynaklarla beslenmektedir ve n'inci eleman x eksenine göre Φ_n açısı yapmaktadır. Ayrıca x-y düzlemindeki dairesel dizgenin yarıçapı a'dır ve formüldeki k faz sabitidir.

Öte yandan, dizge faktörünü kullanarak yapılan hesaplamalar, dizge içindeki antenlerin kendi aralarındaki etkileşimini yok sayar. Halbuki bu antenler birbirleriyle etkileşirler ve dizgenin gerçek ışınımı bu etkileşimleri içerdiğinden analitik olarak hesaplanması imkansızdır.

Şekil 5'te beş tane log-periyodik antenin kullanılmasıyla tasarlanmış bir dizge gösterilmektedir. Antenlerin birbirlerine olan uzaklığı sabit tutulmuş, böylece dairesel bir simetri elde edilmiştir. Böyle bir dizgede eğer tüm antenleri kapatırsak ve sadece x yönündeki anteni çalıştırırsak maksimum ışınımın $-x$ yönünde olmasını bekleriz. Bu durum diğer antenler için de geçerli olup çalışan antene bağlı olarak beş farklı yöne ışınım yönlenebilir.



Şekil 5. Beş adet log-periyodik antenden oluşturulmuş anten dizgesinin yukarıdan görünümü.

Öte yandan , beşli dizgedeki tek bir antenin çalışması yerine, beş anten de aynı anda, ama farklı kaynaklarla beslenerek çalıştırılabilir. Bu şekilde, tek antenin çalıştırıldığı durumdan daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ancak, daha iyi sonuçların elde edilebilmesi için, anten besleme parametrelerinin rasgele seçilmemeleri, tam tersine, en iyi sonuçları elde edebilecek şekilde optimize edilmeleri gerekir. Optimizasyon sürecinin her aşamasında, beşli anten dizgesinin elektromanyetik çözümünün sayısal olarak yapılması gerekmektedir. Bu çeşit sayısal elektromanyetik çözümlerin zaman ve bilgisayar kaynakları açısından pahalı olması nedeniyle, en iyiye en kısa yoldan ulaşabilen hızlı ve verimli çalışan bir optimizasyon algoritmasına gereksinim vardır. Bu amaçla, bu çalışmada genetik algoritmalar kullanılmıştır.

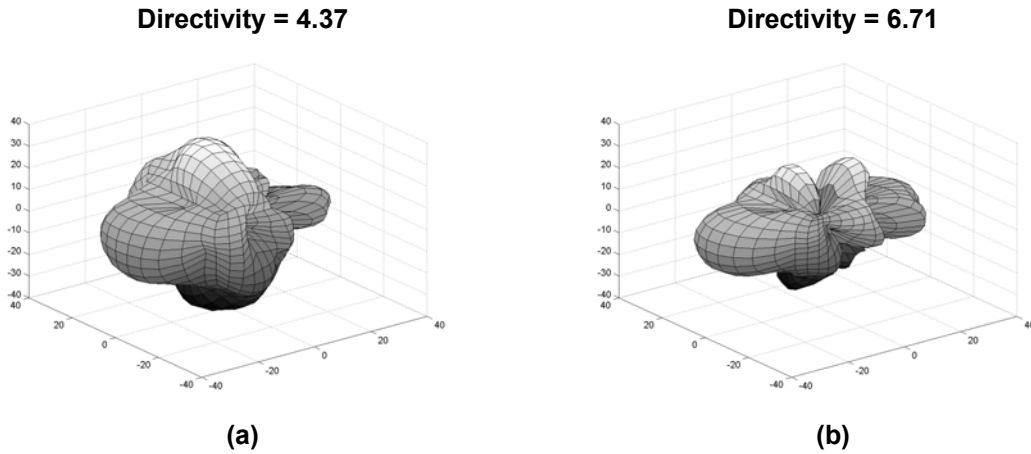
4. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar ilginç bir şekilde doğal seçim kavramını kullanarak optimizasyon yapan algoritmalar. Bir genetik algoritma, genel olarak havuz denilen ve belli sayıda bireyi içeren bir popülasyonu biyolojik kurallara göre devam ettirmeye dayalıdır. Bireyler arasında başarılı olanlar çiftleşmek ve yeni nesle çocuk verebilmek, yani genlerini aktarabilmek için daha şanslıdır. Başarısız bireylerin genleri ise zamanla yok olur. Yeni nesiller oluştuğunda havuzun kalitesi genel olarak artar ve ilk nesil birçok başarısız birey içerirken, belli bir süre sonra havuzun çoğunu başarılı bireyler oluşturur. Öyle ki, zamanla tüm bireyler tek bir ideal bireye benzerler ve optimizasyon sonuçlanmış olur.

Beş antenli dizgi tasarımında toplam sekiz tane parametre vardır. Bunlar ana antenin dışındaki antenlerin kaynaklarının katsayı ve fazlarıdır. Havuzdaki her birey için bu parametrelerin bir değeri vardır ve başlangıçta bu değerler tamamen rasgele belirlenir. Biyolojik kuralların uygulanabilmesi için parametreler ikili sistemde ifade edilir ve büyüklük parametreleri 0-1 aralığına, faz parametreleri ise 0-360 aralığına denk gelecek şekilde ayarlanır. Örneğin ikili sistemde 0101111001 ile ifade edilen bir parametre onluk sistemde 761'e karşılık gelir ve bu sayı parametrenin faz ya da büyüklük oluşuna göre 0-1 veya 0-360 aralığında karşılık gelen değere çevrilebilir. Bu çevrimin tersi de mümkün olup bire bir ilişki sağlanmıştır. Ayrıca her bireyin sahip olduğu parametrelere göre hesaplanabilecek bir başarısı vardır. Bu çalışmada, başarı ölçüsü olarak anten dizgesinin directivity'si seçilmiştir. Belirli bir yönde en iyi directivity veren birey (anten dizgesi) en başarılı sayılmıştır.

Yukarıda da bahsedildiği gibi, çiftleşecek bireyin başarılı olmasına dikkat edilmiştir. Bunun için rasgele seçilen bir bireyin ortalama başarısının üstünde olup olmadığına bakılması ve üstünde değilse başka bir birey seçimine gidilmesi yeterlidir. Seçilen iki bireyin çiftleşmesi, ikili sistemdeki parametrelerinin birbirleriyle karışmasıyla sağlanmıştır. Örneğin, 01010111110 ve 11100011001 sayıları iki farklı bireyin aynı parametreleriye, bu sayıların karşılıklı basamakları alıp verme ihtimalleri vardır. Bu ihtimal her basamak için %50 alınmış olup 11000111100 ve 01110011011 bu çiftleşmeden doğabilecek parametre ikililerinden biridir. Sekiz parametre için de bunlar yapılırsa çiftleştirme gerçekleştirilmiş olur. Tüm bunlar yapılırken olası mutasyonlar gerçekleşir ve çiftleşen iki bireyden bambaşka parametrelere sahip iki çocuk meydana gelir. Bu işlemin defalarca tekrarlanmasından sonra birey sayısı kadar çocuk olur ve yeni nesil oluşturulmuş olur. Yeni nesil bir öncekine göre daha başarılı bireyler içermektedir.

Optimizasyonlarda havuzun büyüklüğü 20, mutasyon oranı ise % 5 olarak belirlenmiştir. Şekil 5'teki beşli dizgenin sadece bir antenin çalıştırıldığı durumda, 550 MHz'de elde edilen uzak-alan ışınım grafiği Şekil 6(a)'da gösterilmiştir. Şekil 6(b)'de ise, beş antenin de aynı anda çalıştırıldıkları ve her birinin kaynak değerinin optimize edildiği durumda yine 550 MHz'de elde edilen üç boyutlu uzak-alan ışınım grafiği verilmiştir. Her iki uzak alan grafiği karşılaştırıldığında optimize edilmiş olan anten dizgesinin -x yönünde daha yönlü (directive) bir ışınım yarattığı görülmektedir. Bu durum, Şekil 6(a) ve (b)'de verilen directivity değerleriyle de doğrulanabilir.



Şekil 6. Log-periyodik anten dizgelerinin uzak-alan ışınımları:

- (a) Sadece x yönündeki anten çalıştırılmıştır.**
- (b) Beş anten de aynı anda çalıştırılmış ve her birinin kaynak değeri (-x yönünde daha yönlü bir ışınım elde edilebilecek şekilde) optimize edilmiştir.**

5. Sonuç

Bu bildiride genetik algoritmalar kullanılarak log-periyodik anten dizgelerinin nasıl tasarlanabileceği anlatılmıştır. Dizgelerin yapı birimi olarak kullanılan log-periyodik antenlerin geniş bant özelliği gösterilmiştir. Hem log-periyodik antenlerin kendilerinin, hem de onlardan yapılan dizgelerin uydularda ve yer istasyonlarında kullanılabileceğine değinilmiştir.

Kaynakça

[1] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design. Singapore: John Wiley & Sons, Inc, 1982

[2] E.A Jones and W.T. Joines, "Design of Yagi-Uda Antennas Using Genetic Algorithms," Antennas and Propagation, IEEE Transaction on, Volume: 45 Issue: 9, 1997