

Uyarlamalı Anten Dizilerinde Girişim Bastırma Performansının İncelenmesi

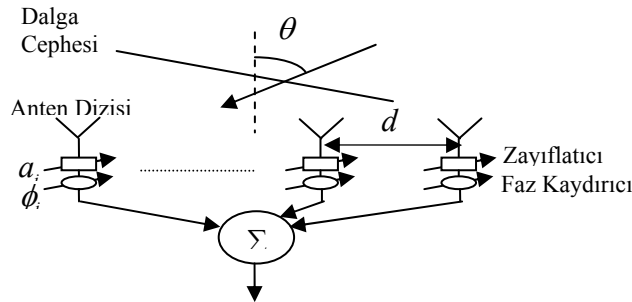
Serdar Değer, Birsen Saka

Hacettepe Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe, Ankara
sdeger@hacettepe.edu.tr, birsen@hacettepe.edu.tr

Özet: Bu çalışmanın amacı uyarlamalı anten dizilerinin elektronik karıştırma ya da gürültüden kaynaklanan girişimleri bastırma performansını incelemektir. Dipol ve sarmal anten kullanan uyarlamalı anten dizilerinde Schelkunoff, LS ve LMS yöntemleri kullanılarak girişim bastırılmaya çalışılmıştır. Antenlerin özellikleri, karşılıklı bağlaşım ve empedans uyumu gibi elektromanyetik etkenlerin yanı sıra kullanılan algoritma, gelen sinyalin özellikleri, faz kaydırıcılar gibi etkenler de analizlere dahil edilmiştir. Dipol ve sarmal anten kullanan dizilerde girişim etkisinin giderilmesi performansı, sıfır noktası derinliği ve SINR değerleri ile örüntüdeki temel değişimler gözlemlenerek analizler yapılmıştır.

1. Giriş

Günümüzde kullanılan haberleşme sistemlerinde daha fazla kullanıcıya ulaşmak ve aynı enerjiyi harcayarak daha yüksek yönlülük elde etmek amacıyla fazlı dizi anten yapıları kullanılmaktadır. Ticari ya da askeri radarlarda ise tek anten kullanımı ile birden fazla hedefe ait bilgiyi temin etmek ve hedef arama, yakalama ve takip görevlerini icra edebilmek amacıyla fazlı dizi antenler tercih edilmektedir. Fazlı dizi antenlerin güçlendirilmiş sinyal işleme devreleri kullanan özel bir türü ise uyarlamalı anten dizileridir. Özellikle askeri uygulamalarda tercih edilen bu sistemler, kasıtlı olarak hedef tarafından uygulanan elektronik karıştırmanın bulunduğu ortamdan radarın etkilenmeden hedef takip işlevini devam ettirilebilmesi amacıyla kullanılırlar. Bu tip radarların kalbi sayılan uyarlamalı anten dizilerinin girişimi azaltma performansı ise kullanılan sinyal işleme algoritmaları ve sivirtme yöntemiyle ortamın elektromanyetik özelliklerine bağlıdır. Pratikte kullanımı yaygın olan dipol anten ile geniş bantlı olması ve dairesel polarizasyon sağlanması nedeniyle tercih edilen sarmal anten elemanlı uyarlamalı dizilerin performansı farklı durumlar için kıyaslanmıştır. Anten dizilerinde performansı kötüleştiren en önemli etmenlerden biri karşılıklı bağlaşımır. Karşılıklı bağlaşım nedeniyle yakında bulunan antenler saçıcı vazifesi görerek etrafındaki elamanlar üzerindeki akım dağılımlarını, dolayısı ile elektrik alanlarını değiştirir. Karşılıklı bağlaşım ihmal edilerek sadece izole antenin özellikleri göz önüne alınarak tasarlanan uyarlamalı dizilerde girişim yeterli seviyede azaltılamayabilir [1].



Şekil 1. Uyarlamalı Anten Dizisi.

K sayıda birbirleriyle tamamen aynı olduğu kabul edilen antenlerden oluşan doğrusal tipte uyarlamalı anten dizisi yukarıda gösterilmiştir [2]. Ağırlıklandırma katsayıları analog faz kaydırıcı ve zayıflatıcılar ile RF veya IF frekanslarında, ya da bu çalışmada da kullanıldığı şekilde sayısal sinyal işlemciler (DSP) tarafından taban bantta donanım çözünürlükleri limitlerinde oluşturulur. Bu yöntemin avantajı yazılım tarafından çok sayıda uyarlamalı algoritmanın yapılabilir olmasıdır. k dalga numarasında çalışan K elemanlı bir diziye ait elektrik alan örüntüsü aşağıdaki gibidir.

$$\bar{E}(\bar{r}) = \sum_{i=1}^{i=K} w_i^* \bar{f}_i(\theta, \phi) e^{(-jk\bar{r}_i \cdot \hat{r})} \quad (1)$$

Kullanılan almaç antenlerinin örüntüsü $\bar{f}_i(\theta, \phi)$ olup, \hat{r}_i , i numaralı elemanın seçilen koordinat sisteminin merkezine göre pozisyon vektörü, \hat{r} ise küresel koordinat sistemi için herhangi bir yöndeki birim vektörü olup w_i ağırlıklandırma katsayılarıdır.

2. Problem Formülasyonu ve Çözümü

Uyarlamalı dizilerde elektromanyetik özellikler kadar performansı etkileyen bir diğer unsur kullanılan algoritmadır. Schelkunoff dizi sentezleme yönteminde arzu edilen sıfır noktası için kökler tekrar oluşturulmakta bu da yan huzme

değerleri gibi temel parametrelerde kötüleşmeye yol açmaktadır. LS yönteminde matris evriği işlemleri yapılması gerektiğinden yüksek hafıza donanımı gerektirmekte ayrıca yakın karıştırıcı konumları gibi durumlarda kötü huylu matrisler nedeniyle ağırlıklar bulunamayabilir. LMS yönteminde ise çok az sayıda matematiksel işlem yapılarak ağırlıklar bulunmaktadır. Ancak döngü kullanılması nedeniyle ağırlıkların oluşturulması zaman aldığından özellikle hareketli karıştırıcıların bulunduğu ortamda performans düşmektedir. Bu çalışmada LS yöntemi kullanılarak özellikle anten elemanlarının performanstaki etkisi vurgulanmaya çalışılmıştır. Ancak kapsamlı bir değerlendirme için tek bir yöneme bağlı kalınmasının yeterli olmayacağı, SINR, sıfır noktası derinliği gibi performans kriterlerinin kullanılan algoritmadan doğrudan etkinliği unutulmamalıdır. LS yöntemi ile uyarlama, istenilen dizi örüntüsü ile mevcut örüntü arasındaki fark olan ε hata değişkeninin minimum değerinin elde edilmesi sağlanarak gerçekleştirilir [3].

$$\min_w \varepsilon = \min_w \left\| \overline{DF} - \overline{DF}_s \right\|^2 \quad (3)$$

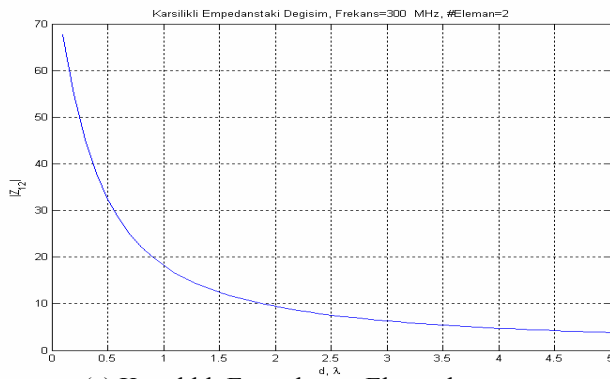
Dizi içerisinde m ve n numaralı anten elemanları arasındaki karşılıklı bağlaşım, n numaralı antene paralel ensende anten boyunca dağılım gösteren akım nedeniyle oluşan elektrik alan tarafından m numaralı antende oluşturulan açık devre gerilimi olarak ifade edilebilir [4]. Bu şekilde tüm elemanlar için oluşturulacak $[V]=[Z][I]$ doğrusal matris eşitliğinin çözümü ile uyarlamalı dizideki karşılıklı bağlaşım belirlenebilir.

Gelen sinyal bant genişliği $BW \ll 1$ koşulunu sağladığında almaçlar arasındaki zaman gecikmesi sadece faz kayması olarak belirtilebilir. Ancak, herhangi bir θ açısından gelen daha geniş bantlı sinyal için bu yaklaşım geçerli değildir. Geniş bantlı sinyaller merkez frekansları etrafındaki bant genişliğiyle orantılı olarak geliş açıları etrafında yayılma gösterirler. Bu yayılma etkisi, geniş bant sinyaller için yayılma matrisi ile tanımlanabilir [5].

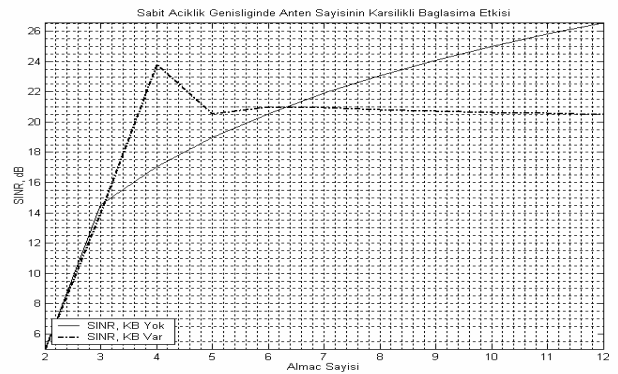
Dipol ve sarmal anten dizileri için yapılan analizlerde doğrusal dizi geometrisi kullanılmıştır. Birbirine paralel $r \ll \lambda$ yarıçapında, $\lambda/2$ boyunda K dipol anten y eksenini boyunca mükemmel yalıtkan üzerine yerleştirilmiş olup, antenlerin tam orta noktalarında çalışma merkez frekansındaki giriş empedansında rezonans sağlayacak değerde Z_L yük empedansı bulunmaktadır. Sarmal anten dizisi $x-y$ düzlemindeki mükemmel iletken plaka üzerine z eksenine paralel yerleştirilmiş ve uç noktasından beslenmektedir. Dipol anten dizisi alıcı, sarmal anten dizisi ise verici olarak modellenmiştir. Her iki dizi için de karşılıklılık prensibini bozacak bileşen bulunmadığı kabul edilmiştir. Ortamda z eksenini boyunca doğrusal polarizasyona sahip birbirinden bağımsız hedef ve karıştırıcı sinyaller bulunmaktadır. Isıl gürültünün anten elemanları arasında istatistiksel olarak bağımsız olduğu ve tüm sinyallerin Gaussian tipte sabit, bant limitli spektral yoğunluğa sahip olduğu kabul edilmiştir. Dipol anten dizisinin elektromanyetik analizinde elektrik alan integral eşitliklerinin çözümü için darbe temel işlevli moment metodu, silindirik sarmal anten dizisinin analizinde ise eğri parçalı moment yöntemi kullanılmıştır [6]. Ağırlıklar için kullanılan faz kaydırıcıların anlık tepkiye sahip, kayıpsız ve ideal sekiz bit dönüştürücü kabiliyetinde sayısal elemanlar olduğu kabul edilmiştir.

5. Sonuç ve Çıkarımlar

Şekil 2’de dipol anten elemanlı bir dizi için karşılıklı empedansın elemanlar arası uzaklığa göre değişimi ve SINR



(a) Karşılıklı Empedansın Elemanlar Arası Uzaklığa göre Değişimi

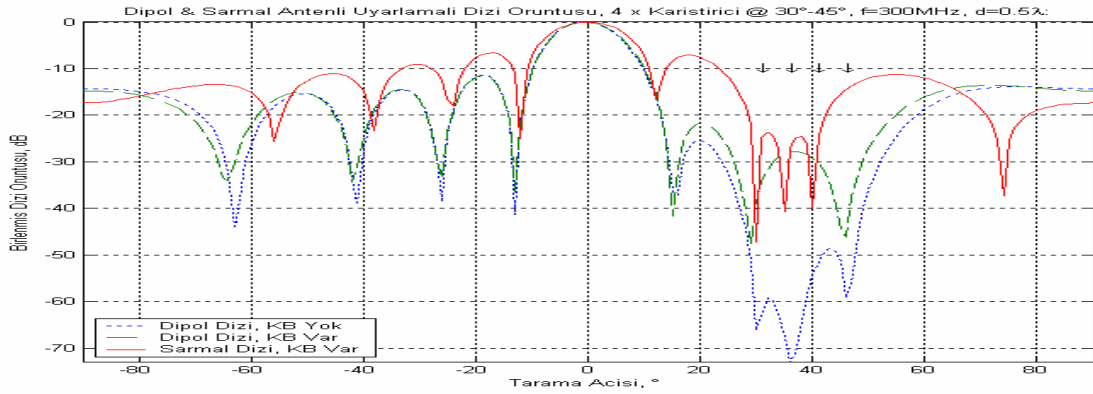


(b) SINR Değerinin Dizideki Anten Sayısına göre Değişimi

Şekil 2. Uyarlamalı Dizide Karşılıklı Empedans ve SINR değişimi.

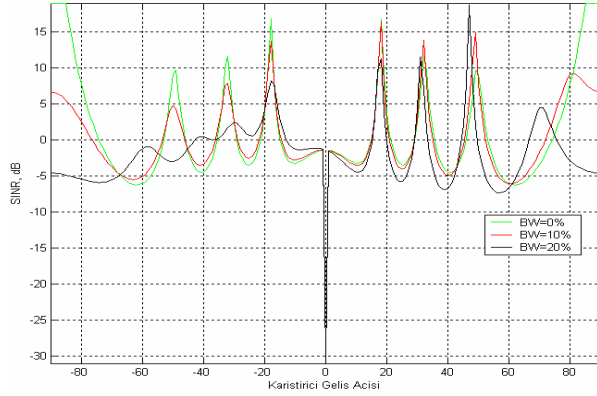
değerinin dizideki anten sayısına göre değişimi gösterilmektedir. Frekans 300 MHz olmak üzere iki elemanlı dizi için karşılıklı empedans değerinin elemanlar arasındaki uzaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. Tüm performans kriterlerini etkileyen karşılıklı empedansın düşük tutulabilmesi için elemanlar arası uzaklığı yüksek tutulması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak pratikte yüksek eleman aralığı tekrarlayan huzmeler dolayısıyla yanlış hedef tespitine neden olacağından tasarımda limitlenecektir. Anten sayısının artmasıyla birlikte dizinin seçiciliği de artacağından SINR değerinin eleman sayısı ile doğru orantılı olması beklenir. Ancak şekilden de görüldüğü üzere dizi açıklığı sabit tutularak aynı yere daha fazla elemanın yerleştirilmesiyle ortam “kalabalık” hale gelmekte, bu nedenle dört elemandan sonra SINR değeri düşmektedir [7]. Pratik uygulamalarda da aynı durum yaşanmakta olup,

fiziksel olarak anten dizisinin boyutu önceden kısıtlanıp, ardından bu bölgeye olabildiğince çok anten elemanı yerleştirilmeye çalışılmaktadır.

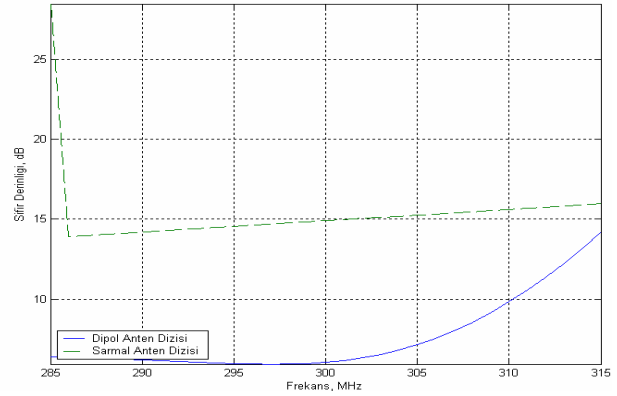


Şekil 3. Dipol ve Sarmal Anten Dizilerinde Girişim Bastırma Seviyesi.

Yukarıdaki şekilde on elemanlı dipol ve sarmal anten dizisinde 30 ile 45 derece arasında bulunan dört adet 40 dB gücündeki karıştırıcı etkisi görülmektedir. Karşılıklı bağlaşım (KB) ihmal edildiğinde dipol dizisinde 70 dB'ye kadar inen sıfır seviyesi KB hesaplamalara dahil edildiğinde 28 dB ye düşmektedir. Sarmal dizisi ise dipol antene göre daha iyi performans göstermekte, karıştırıcının olduğu bölgede yaklaşık 10 dB daha düşük sıfır seviyesi sağlamaktadır.



(a) Dipol Dizisinde Gelen Sinyal Bant Genişliği ve SINR değişimi



(b) Dipol ve Sarmal Anten dizisinde bant genişliği içerisinde SINR performansı

Şekil 4. Dipol ve Sarmal Anten Dizilerinde SINR performansı.

Şekil 4.a'da karıştırıcı sinyalin bant genişliği ve geliş açısına göre dağılıma etkisi analiz edilmiş olup, 1 dB ısırlı gürültü, 40 dB karıştırıcı/sinyal seviyesi için CW yani %0 bant genişliğinde en iyi SINR değerinin alındığı ve uç açılar ile bant genişliği arttıkça performansın kötüleştiği görülmektedir. Radar alıcısı bant genişliği boyunca açısal olarak girişimin en yüksek seviyede bastırılması gerekir. Şekil 8-b'de beş elemanlı dipol ve sarmal dizilerinde merkez frekansı 300 MHz ve bant genişliği %10 olan radar alıcısı için SINR değeri incelenmiştir. Aynı senaryo ve sinyal özellikleri kullanılmasına rağmen SINR değerinin bant genişliği içerisinde sarmal anten için daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç ile girişimin bastırıldığı bant genişliği değeri yani sıfırlama bant genişliğinin sarmal antenler için daha yüksek olduğu ve bu tür uygulamalarda sarmal antenlerin tercih edilebileceği anlaşılmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. Bandwidth performance of linear adaptive arrays with tapped delay-line processing, Vook, F.W.; Compton, R.T., Jr.; IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems; Volume 28, Issue 3, July 1992.
- [2]. Adaptive antennas for mobile communications; Barrett, M.; Arnott, R.; Electronics & Communication Engineering Journal; Volume 6, Issue 4, Aug. 1994.
- [3]. A New Array Pattern Synthesis Algorithm Using the Two-Step Least-Squares Method; Zhan Shi; Zhenghe Feng; IEEE Signal Processing Letters, Vol. 12, No. 3, March 2005.
- [4]. C.A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, Harper & Row, Publisher, New York, 1982.
- [5]. D. G. Manolakis, V. K. Ingle, S. M. Kogan, Statistical and Adaptive Signal Processing, Mc Graw-Hill, 2000.
- [6]. Selçuk Ahmet, "Eğri Parçalı Moment Yöntemi ile Sarmal Anten Çözümlemesi", Master Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [7]. Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays, Gupta, I.; Ksienski, A.; IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Volume 31, Issue 5, Sep 1983 Sayfa:785 - 791.