

Bir Karesel Anten Dizisinde Anten Konumlarının Diferansiyel Evrim Algoritması ile Optimizasyonu

Erkan AFACAN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara

e-posta: e.afacan@gazi.edu.tr

Özetçe

Yakın zamanlı bir çalışmada Hadamard fark kümeleri kullanılarak kare şeklinde yerleştirilmiş bir düzlemsel anten dizisi için minimum yan kulakçık düzeyini veren inceltilmiş dizi yerleşimleri elde edilmiştir. Bu çalışmada 6x6 ve 8x8 elemanlı düzlemsel anten dizileri için söz konusu çalışmadakinden daha düşük tepe yan kulakçık düzeyine sahip anten dizisi yerleşimleri bulunmuştur. Eleman konumlarının optimizasyonunda diferansiyel evrim algoritması kullanılmıştır.

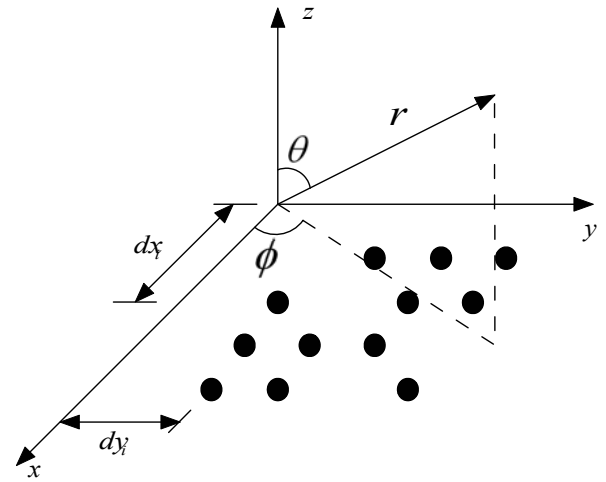
1. Giriş

İnceltmiş anten dizileri maliyet, ağırlık, güç tüketimi gibi çeşitli parametreler açısından avantajlar sağlamaktadır. İnceltmiş anten dizilerinde dizi elemanları periyodik olarak yerleştirildiğinde yan kulakçık düzeyi üzerindeki kontrol ortadan kalkmaktadır. Bu problemi çözenin bir yolu dizi elemanlarının periyodik olmayan bir şekilde yerleştirilmesidir.

[1]'de 20x10 elemanlı bir düzlemsel dizi için genetik algoritma kullanılarak optimizasyon yapılmış ve %54 oranında dolu 108 elemanlı inceltilmiş bir düzlemsel anten dizisi elde edilmiştir. Bu çalışmada problem geometrisi x ve y eksenlerine göre simetrik olduğundan gerçekte 10x5 eleman için optimizasyon yapılmıştır. [2]'de aynı problem modifiye gerçel genetik algoritma ile ele alınmış ve %50 oranında dolu 100 elemanlı inceltilmiş bir düzlemsel dizi elde edilmiştir.

Yakın zamanda yapılmış olan yeni bir çalışmada Hadamard fark kümeleri kullanılarak kare şeklinde yerleştirilmiş bir düzlemsel anten dizisi için minimum yan kulakçık düzeyini veren inceltilmiş dizi yerleşimi elde edilmiştir [3]. Bu çalışmada [3]'de ele alınan 6x6 ve 8x8 elemanlı düzlemsel anten dizileri için [3]'tekinden daha düşük tepe yan kulakçık düzeyine sahip anten dizisi yerleşimi elde edilmiştir. Düzlemsel anten dizisinde eleman konumlarının belirlenmesinde diferansiyel evrim algoritması kullanılmıştır.

2. Ele Alınan Problem Geometrisi



Şekil 1: Düzlemsel anten dizisi.

İncelenen düzlemsel anten dizisi Şekil 1'de görülmektedir. Söz konusu düzlemsel anten dizisi için dizi faktörü

$$AF = \sum_{i=1}^N \alpha_i e^{j2\pi dx_i \sin \theta \cos \phi} e^{j2\pi dy_i \sin \theta \sin \phi} \quad (1)$$

olarak verilmektedir. Burada α_i i. akım elemanının genliğini göstermekte olup 0 veya 1 değerini almaktadır. N dizideki toplam eleman sayısı, dx_i i. elemanla y eksenindeki uzaklığı, dy_i i. elemanla x eksenindeki uzaklığı göstermektedir. Bu çalışmada anten elemanlarının $\lambda/2$ eşit aralıklı olarak yerleştirilmiş olduğu kabul edilmiştir.

Minimize edilmesi gereken maliyet fonksiyonu

$$f = \sqrt{w_s |SLL - SLL_{max}|^2} \quad (2)$$

ile verilmektedir. Burada w_s yan kulakçık düzeyine ilişkin ağırlık katsayısı, SLL elde edilen en yüksek yan kulakçık düzeyi, SLL_{max} istenen en yüksek yan kulakçık düzeyidir. Ele alınan problemde yalnızca yan kulakçık düzeyi minimize edilmeye çalışılmış olup ana hüzmünün genişliği üzerinde herhangi bir kısıtlama konulmamıştır. Işıma örüntüsü normalize edildiğinden ana hüzmünün genliği 1 (= 0 dB) olarak bulunmaktadır.

3. Problemin Diferansiyel Evrim Algoritması ve Paralel Bilgisayar Kullanılarak Çözülmesi

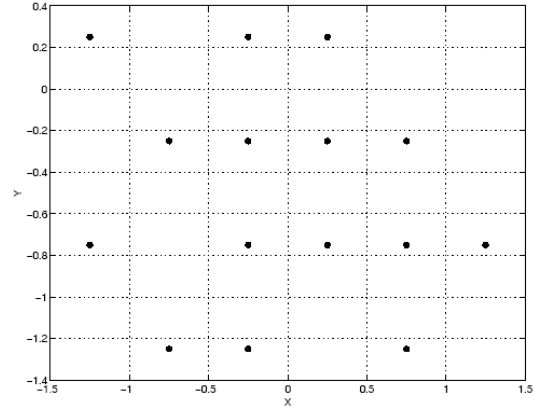
Problemin çözümünde diferansiyel evrim algoritması kullanılmıştır. Diferansiyel evrim algoritması ile ilgili olarak literatürde ayrıntılı bilgi bulunmaktadır [4,5,6]. Maliyet fonksiyonu olarak tepe yan kulakçık düzeyi alınmış, maliyet fonksiyonunu minimize eden anten dizisi yerleşimi araştırılmıştır.

Ele alınan problemde, $0 \leq \phi < 360^\circ$ ve $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ aralığında 3 boyutlu olarak yan kulakçık düzeyi hesaplanması gerekmektedir. Tek başına bir seri bilgisayarın hızı problemin çözümü için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle paralel bir bilgisayar kullanmak gerekmiştir.

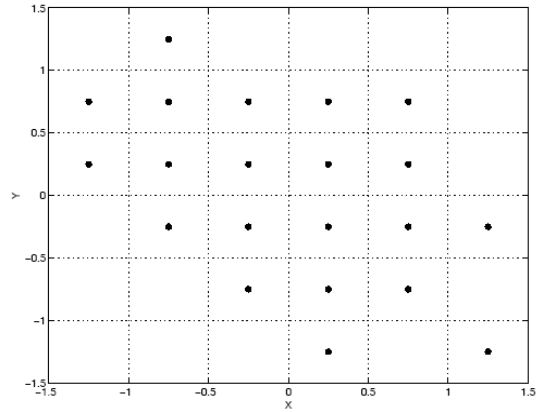
Paralel programlamada çiftçi modeli, standart model, difüzyon modeli gibi modeller kullanılmaktadır [6]. Bu çalışmada ada modeli [7] ve MPI (Message Passing Interface) kullanılmıştır. Öncelikle farklı popülasyonlarda yer alan en iyi bireylerin belirli aralıklarla adalar arasında yer değiştirmelerine izin verilmiş, ancak bu durumda algoritmanın erken yakınsadığı ve yerel minimumlara takılarak istenilen sonuca ulaşamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle farklı popülasyonlardaki en iyi bireylerin göç etmesine izin verilmemiştir. Elde edilen sonuçların daha çok çeşitlilik sağladığı ve daha düşük maliyet fonksiyonuna ulaşılabildiği görülmüştür.

4. Sayısal Sonuçlar ve Karşılaştırma

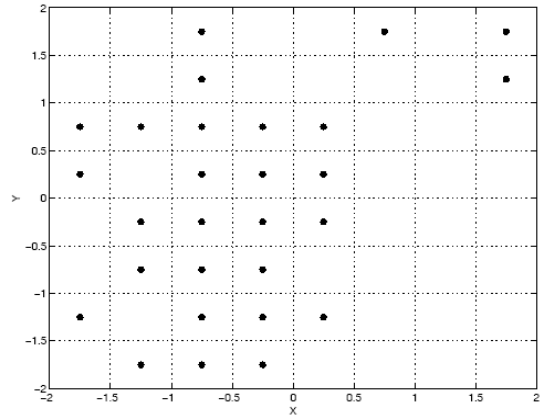
[3]'le karşılaştırabilmek üzere 6x6 elemanlı bir dizi için $N=15$ ve $N=21$ alınarak tepe yan kulakçık düzeyi minimize edilmiştir. Benzer şekilde 8x8 elemanlı bir dizi için $N=28$ ve $N=36$ alınarak tepe yan kulakçık düzeyi minimize edilmiştir. Eş. 2'de verilen w_s değeri 1 olarak alınmış, SLL_{max} değeri ise $N=15$ için -13 dB, $N=21$ için -16 dB, $N=28$ için -13 dB, $N=36$ için -15 dB olarak alınmıştır. Elde edilen anten yerleşimleri Şekil 2-5'te görülmektedir. [3]'te ve bu çalışmada elde edilen tepe yan kulakçık düzeyleri Tablo I'de verilmiştir. Tablo I'den görüldüğü üzere yan kulakçık düzeylerinde belirgin bir düşüş söz konusudur. 36 elemanlı anten dizisi için elde edilen 3 boyutlu ışına örüntüsü Şekil 6'da görülmektedir.



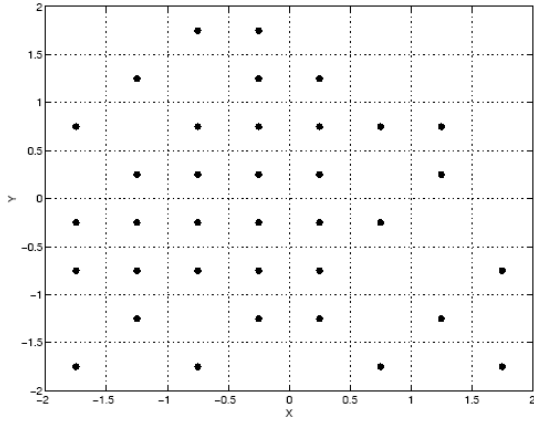
Şekil 2: 15 elemanlı dizi için yerleşim



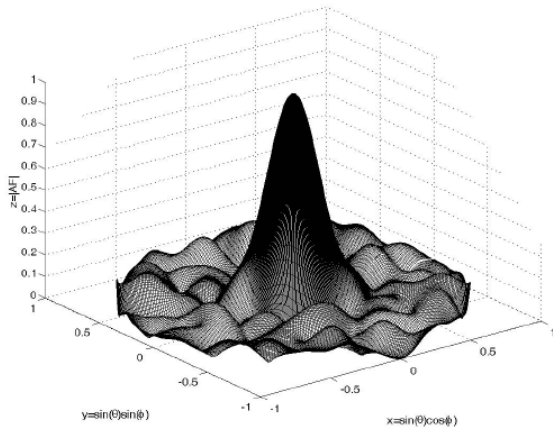
Şekil 3: 21 elemanlı dizi için yerleşim



Şekil 4: 28 elemanlı dizi için yerleşim



Şekil 5: 36 elemanlı dizi için yerleşim



Şekil 6: 36 elemanlı dizi için 3 boyutlu ışınma örüntüsü

Tablo 1: Elde edilen yan kulakçık düzeyleri

N (Anten sayısı)	15	21	28	36
Minimum yan kulakçık düzeyi (dB) [3]	-10.18	-12.55	-12.46	-13.71
Minimum yan kulakçık düzeyi (dB) [Bu çalışma]	-13.27	-16.11	-13.56	-15.76

Bu çalışmada, diferansiyel evrim algoritmasının ve paralel bilgisayarın birlikte kullanımı ile daha düşük yan kulakçık düzeylerine sahip düzlemsel anten dizisi yerleşimlerinin bulunmasının mümkün olduğu gösterilmiştir.

5. Teşekkür

Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğüne desteklenen 06/2003-44 nolu ve "Paralel Bilgisayar ile İşlem Süreçlerinin Hızlandırılması" isimli proje kapsamında Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde kurulmuş olan Paralel Bilgisayar Laboratuvarının kullanımına yönelik teşvik edici tutumu ve paralel programlama

konusundaki yardımları dolayısıyla Doç. Selma Yüncü'ye en derin teşekkürlerimi sunarım.

6. Kaynakça

- [1] R. L. Haupt, "Thinned arrays using genetic algorithms", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 42, no. 7, ss. 993-999, 1994.
- [2] K. Chen, X. Yun, Z. He ve C. Han, "Synthesis of sparse planar arrays using modified real genetic algorithm", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 55, no. 4, ss. 1067-1073, 2007.
- [3] L. E. Kopilovich, "Square array antennas based on Hadamard difference sets", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 56, no. 1, ss. 263-266, 2008.
- [4] E. Aksoy ve E. Afacan, "Planar antenna pattern nulling using differential evolution algorithm", *Int. J. Electron. Commun. (AEÜ)*, vol. 63, ss. 116-122, 2009.
- [5] R. Storn ve K. Price, "Differential evolution – a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces", *J. Global Optim.*, vol. 11, ss. 341-359, 1997.
- [6] K. V. Price, R. M. Storn ve J. A. Lampinen, *Differential evolution: a practical approach to global optimization*. Berlin: Springer, 2005.
- [7] D. Whitley, "An overview of evolutionary algorithms: practical issues and common pitfalls", *Information and Software Technology*, vol. 43, ss. 817-831, 2001.