

Doğrusal Anten Dizisinin Parametre Değerlerinde Yapılan Yuvarlatma Hatalarının Dizi Diyagramına Etkileri

Ali Akdağlı, Kerim Güney

Erciyes Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
38039 Kayseri

akdagli@erciyes.edu.tr, kguney@erciyes.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, doğrusal anten dizi elemanlarının uyarım genlik ve faz değerlerinde yapılan yuvarlatma hatalarının üretilen dizi diyagramlarına etkileri incelenmiştir. Ayrıca, eşit aralıklı olmayan diziler için dizi elemanlarının pozisyonlarında yapılan yuvarlatmanın, üretilen dizi diyagramındaki sonuçları da gösterilmiştir. Verilen örneklerde, Chebyshev, kosekant ve sektörel diyagramlar referans diyagramlar olarak alınmış ve genlik, faz ve pozisyon gibi dizi parametrelerinin her birine yapılan yuvarlatma işleminin, bu dizi diyagramlarını ne şekilde ve ne derecede etkilediği gösterilmiştir.

1. Giriş

Anten dizileri, yüksek yöneltilik ve kazanç, demet şekillendirme ve demet tarama gibi özelliklere sahip olduklarından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Anten dizi sentezinde, arzu edilen diyagramı en iyi yaklaşıklık ile üretmek için dizi elemanlarının uyarım genlikleri, uyarım fazları ve pozisyonları en uygun şekilde belirlenmelidir. Literatürde, dizi elemanlarının bu parametrelerini belirlemek için hem analitik ve nümerik metotlar hem de klasik ve sezgisel optimizasyon algoritmalarına dayanan metotlar mevcuttur [1-8]. Çoğu uygulamada, dizi elemanlarının genlik uyarım değerleri için sayısal zayıflatıcılar, faz uyarım değerleri için de sayısal faz kaydırıcılar kullanılır. Uygulama aşamasında, sayısal zayıflatıcı ve faz kaydırıcılar ikili sayı sistemine göre çalıştılarından ve sonlu bit uzunluğuna sahip olduklarından, kullanılan sentez metodu ile belirlenen genlik ve faz değerleri, zayıflatıcı ve faz kaydırıcıların bit uzunluklarına bağlı olarak yuvarlatılmaktadır. Bu sebepten dolayı da elde edilen dizi diyagramında değişimler meydana gelmektedir. Yüksek uzunlukta bit uzunluğuna sahip sayısal zayıflatıcı ve faz kaydırıcılar kullanarak yuvarlatma hatalarının üretilen dizi diyagramına olan etkileri azaltılabilir, ancak bu durumda da donanım maliyeti yükselmektedir.

Sunulan çalışmada, genlik ve faz gibi dizi parametrelerinde yapılan yuvarlatma hatalarının dizi diyagramında meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Sayısal zayıflatıcıların 4 ve 8 bit ve faz kaydırıcılarının 4 bit olduğu durumlar için dizi diyagramları yeniden elde edilmiştir. Ayrıca eşit aralıklı olmayan dizilerin eleman yerlerinde yapılan yuvarlatma hatalarının diyagrama olan etkileri de incelenmiştir.

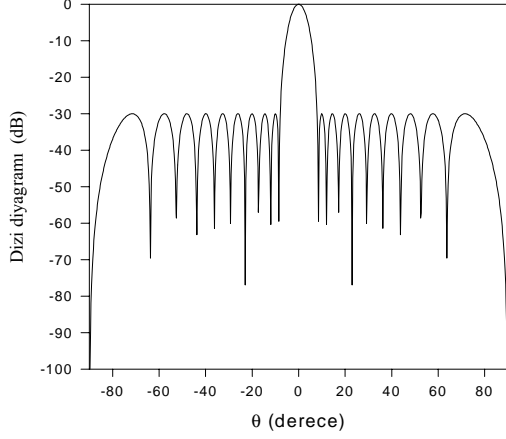
2. Formülasyon ve Örnekler

Uyarımları dizi merkezi civarında eşlenik simetrik $2N$ tane yönsüz elemandan oluşan doğrusal anten dizisi için dizi faktörü ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

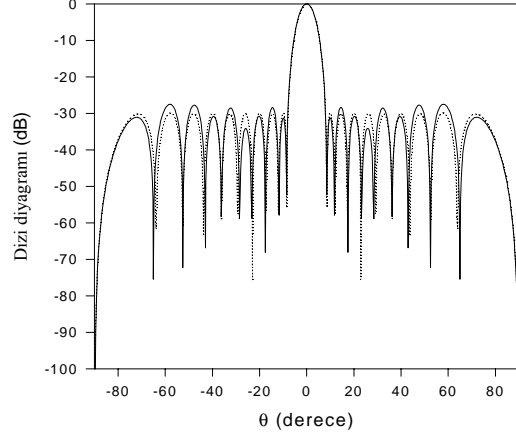
$$DF(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_k \sin \theta + \delta_k\right) \quad (1)$$

Burada λ , d_k , a_k ve δ_k , sırasıyla, dalga boyu, dizi merkezi ile k . eleman arasındaki mesafe, k . elemanın uyarım genliği ve k . elemanın uyarım fazıdır. Verilen örneklerde 20 ve 30 yönsüz kaynaktan oluşan eşit aralıklı veya eşit aralıklı olmayan doğrusal dizilerin genlik, faz ve yer değerlerinde yuvarlatma yapılarak dizi diyagramları yeniden üretilmiştir. Genlik ve fazlarda yapılan yuvarlatmalar, dizi antende sayısal zayıflatıcı ve sayısal faz kaydırıcı elemanlar kullanıldığı varsayılarak bu elemanların bit sayısına göre yapılmıştır. Örneğin, 4 bitlik sayısal zayıflatıcılar kullanılan bir dizide eleman genliklerinin aldığı maksimum değer $2^4-1=15$ olarak belirlenmiş ve diğer genlik değerleri bu maksimum değere göre normalize edilerek karşı gelen tamsayı değerlere yuvarlatılmıştır. Eleman yerlerindeki yuvarlatma işlemi ise el ile yapılmıştır. İlk örnekte, Şekil 1'de verilen

elemanlar arasındaki mesafe 0.5λ ve ana demet yan demet oranı 30 dB olan 20 elemanlı Chebyshev dizi diyagramı, 4 ve 8 bitlik zayıflatıcılar kullanılarak yeniden elde edilmiş ve bu diyagramlar Şekil 2'de gösterilmiştir.

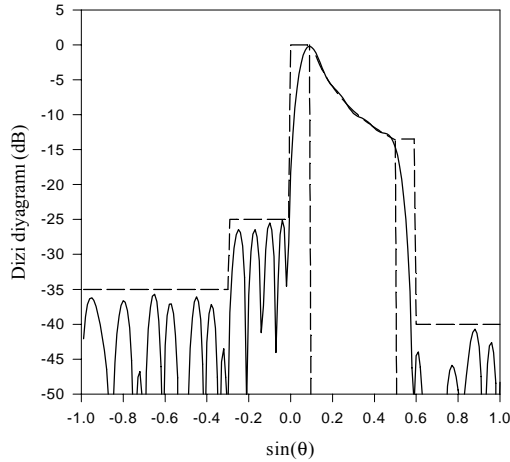


Şekil 1. Chebyshev dizi diyagramı.

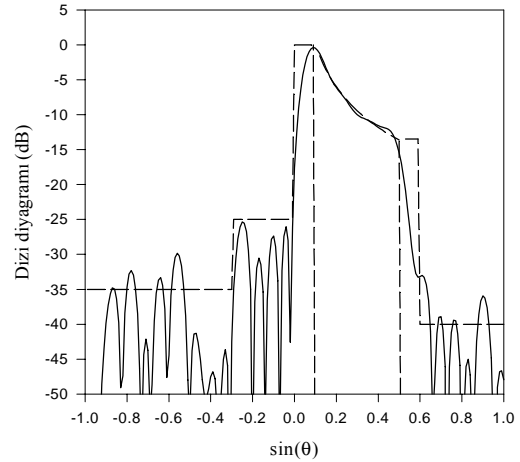


Şekil 2. 4 bitlik (—) ve 8 bitlik (...) zayıflatıcılar kullanılarak elde edilen Chebyshev dizi diyagramları.

Şekil 1 ve 2'de verilen diyagramlar incelendiğinde 4 bitlik zayıflatıcı kullanıldığı durumda elde edilen diyagramın yan demet seviyelerinde hafif bozulmaların meydana geldiği, 8 bitlik zayıflatıcı kullanıldığı durumda ise elde edilen diyagramın referans diyagram ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. İkinci örnekte, dizi elemanları arasındaki mesafe 0.5λ olan ve 30 yönsüz kaynaktan oluşan bir doğrusal dizinin genlik ve fazlarının uygun biçimde belirlenmesi ile elde edilen farklı yan demet seviyelerine sahip kosekant diyagramı [8], 4 bit uzunluğundaki zayıflatıcılar ve faz kaydırıcılar kullanılarak elde edilmiştir. Genlik ve faz değerlerinde yuvarlatılma yapılmadan elde edilen referans kosekant diyagramı, arzu edilen diyagramın zarfı ile birlikte Şekil 3'de verilmiştir. Fazlarında yuvarlatma yapılmadan 4 bitlik zayıflatıcı kullanıldığı durum için elde edilen kosekant diyagramı ise Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Referans kosekant diyagramı (—) ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).

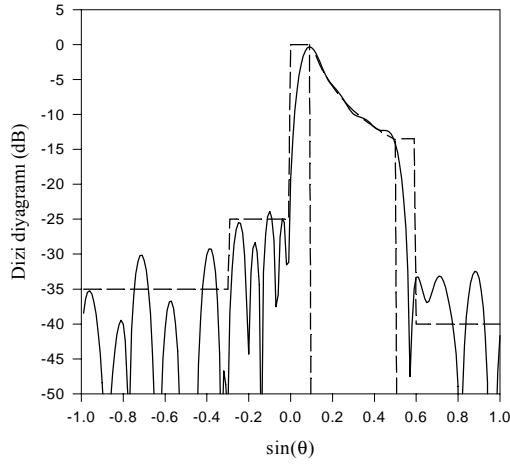


Şekil 4. 4 bitlik (—) zayıflatıcılar kullanılarak elde edilen kosekant diyagramı ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).

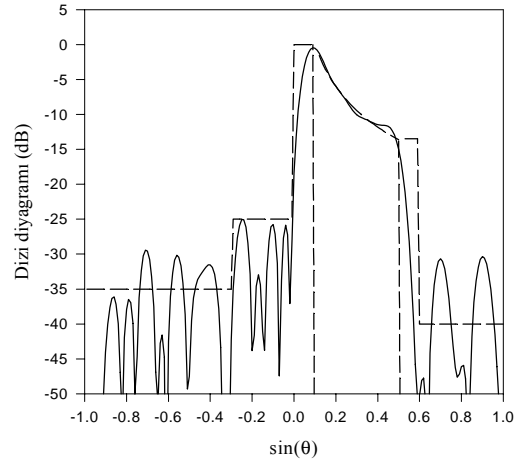
Şekil 2 ve 4'de verilen 4 bitlik zayıflatıcılar ile elde edilen diyagramlar karşılaştırıldığında, Chebyshev diyagramındaki bozulma miktarının genel olarak kosekant diyagramına göre daha az olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi, Chebyshev dizisinin çalışma bölgesinin (dinamik aralık $= |a_{maks}/a_{min}|$) kosekant diyagramını

oluşturmak için kullanılan dizininkine göre çok daha küçük olmasıdır. Referans olarak alınan Chebyshev diyagramı için genlik çalışma bölgesi 3.5 iken kosekant diyagramı için bu değer 15.5'dir.

Şekil 5 ve 6'da, sırasıyla, genliklerde yuvarlatılma yapılmadan 4 bitlik faz kaydırıcı kullanıldığı durum için ve hem zayıflatıcıların hem de faz kaydırıcıların 4 bit olduğu durum için elde edilen kosekant diyagramları gösterilmiştir. Beklendiği gibi referans diyagrama göre en fazla bozulmanın olduğu diyagram, Şekil 6'da verilen hem genliklerde hem de fazlarda yuvarlatılmanın yapıldığı diyagram olmuştur.

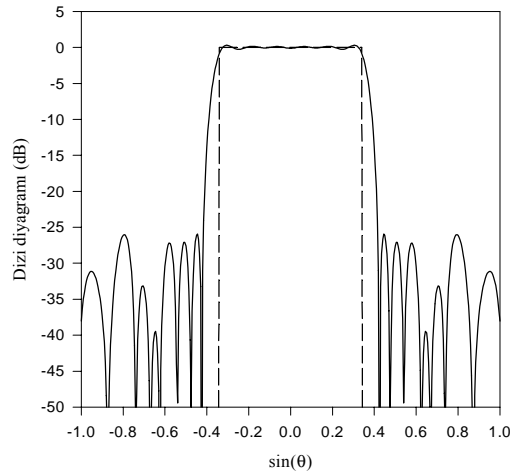


Şekil 5. 4 bitlik faz kaydırıcılar kullanılarak elde edilen kosekant diyagramı (—) ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).

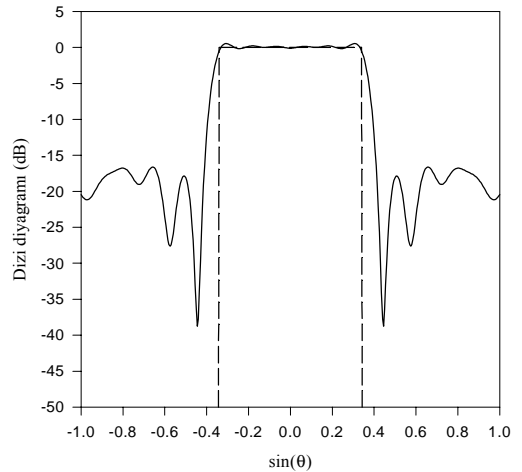


Şekil 6. 4'er bitlik zayıflatıcı ve faz kaydırıcılar kullanılarak elde edilen kosekant diyagramı (—) ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).

Üçüncü örnekte, Şekil 7'de verilen ve eşit aralıklı olmayan 30 yönsüz kaynaklı bir dizi ile elde edilen sektörel diyagram [8], eleman pozisyon değerlerinde onda bir hassasiyete kadar yuvarlatma yapılarak Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Eşit aralıklı olmayan 30 yönsüz kaynaklı bir dizi ile elde edilen sektörel diyagram (—) ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).



Şekil 8. Eleman pozisyon değerlerinde onda bir hassasiyete kadar yuvarlatma yapılmış sektörel diyagram (—) ve arzu edilen diyagramın zarfı (---).

Şekil 1-8'de verilen diyagramlardan, genlik, faz ve yerlerde yapılan yuvarlatma hatalarının temelde dizi diyagramını çok fazla etkilemediği görülmektedir. Ancak şunu belirtmek gerekir ki genlik ve faz gibi dizi parametrelerinin maksimum ve minimum değerleri arasındaki fark çok büyükse veya hassas tasarımlar

gerçekleştirmek isteniyorsa büyük bit uzunluğunda zayıflatıcı ya da faz kaydırıcı kullanmak gerekebilir. Şekil 1-8’de verilen referans diyagramları ve yuvarlatma yapıldıktan sonra üretilen diyagramları elde etmek için kullanılan genlik, faz ve pozisyon değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Zayıflatıcı ve faz kaydırıcı değerlerinin 8’er ve 16’şar bit olduğu durumlarda da dizi diyagramları üretilmiş ve referans diyagramlara oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar, dizi elemanlarının hem genlik hem de yerlerinde yuvarlatma yapılarak ve Chebyshev, sektörel ve kosekant diyagramları dışında yüksek yönelticiliğe ve sıfırlara sahip diyagramlar için de elde edilmiştir.

Tablo 1. Şekil 1-8’de verilen diyagramlar için kullanılan genlik, faz (derece) ve pozisyon (λ) değerleri.

k	Şekil 1	Şekil 2		Şekil 3 [8]		Şekil 4-6		Şekil 7 [8]		Şekil 8
	a_k	a_k		a_k	δ_k	a_k (4 bit)	δ_k (4 bit)	a_k	d_k	d_k
4 bit	8 bit	a_k	δ_k							
±1	1.00000	1.00000	1.00000	0.1166	161.7975	0.1166	161.7975	0.3423	0.241	0.2
±2	0.97010	1.00000	0.96863	0.0944	127.4831	0.0933	129.4369	0.2033	0.714	0.7
±3	0.91243	0.93333	0.91373	0.0638	100.3822	0.0622	97.0762	0.0433	1.154	1.2
±4	0.83102	0.80000	0.83137	0.0394	89.9486	0.0389	86.2932	-0.0670	1.691	1.7
±5	0.73147	0.73333	0.73333	0.0389	91.8107	0.0389	97.0762	-0.0625	2.186	2.2
±6	0.62034	0.60000	0.61961	0.0387	80.1625	0.0389	75.5044	0.0148	2.823	2.8
±7	0.50461	0.53333	0.50588	0.0309	56.8718	0.0311	53.9325	0.0405	3.330	3.3
±8	0.39104	0.40000	0.39216	0.0200	48.2087	0.0233	43.1437	0.0178	3.830	3.8
±9	0.28558	0.26667	0.28627	0.0182	45.6304	0.0155	43.1437	-0.0183	4.234	4.2
±10	0.32561	0.33333	0.32549	0.0175	38.3767	0.0155	43.1437	-0.0253	4.659	4.7
±11				0.0177	14.8224	0.0155	10.7888	-0.0135	5.246	5.2
±12				0.0128	15.1719	0.0155	10.7888	0.0218	5.657	5.7
±13				0.0113	18.0825	0.0078	21.5719	0.0218	6.300	6.3
±14				0.0112	19.8988	0.0078	21.5719	-0.0125	6.700	6.7
±15				0.0075	22.2823	0.0078	21.5719	-0.0125	7.303	7.3

3. Sonuçlar

Doğrusal dizi anten parametrelerinde yapılan yuvarlatma hatalarının dizi diyagramına olan etkileri incelenmiştir. Ele alınan örneklerde Chebyshev, kosekant ve sektörel diyagramlar, referans diyagramlar olarak alınmış ve sayısal zayıflatıcıların 4 ve 8 bit ve faz kaydırıcıların da 4 bit olduğu durumda genlik ve faz değerlerinde yapılan yuvarlatma işleminin dizi diyagramlarını temelde çok fazla etkilemediği gösterilmiştir. Ayrıca, eşit aralıklı olmayan diziler için dizi eleman pozisyonlarında yapılan yuvarlatma hatalarının, üretilen dizi diyagramındaki sonuçları da sunulmuştur.

Kaynaklar

- [1]. Mikovica M. ve Nestic A., CAD for Linear and Planar Antenna Arrays of Various Radiating Elements: Software and Users’ Manual. Artech House, Inc., 1992.
- [2]. Mailloux R. J., Phased Array Antenna Handbook. Artech House, MA, ABD, 1994.
- [3]. Orchard H. J., Elliot R. S., ve Stern J. G., “Optimizing the synthesis of shaped beam antenna patterns”, IEE Proceedings, Pt. H, 132, s.63-68, 1985.
- [4]. Rahmat-Samii Y. ve Michelsen E., Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms. John Wiley and Sons, New York, ABD, 1999.
- [5]. Güney K. ve Akdagli A., “Null steering of linear antenna arrays using modified tabu search algorithm”, in Book series of Progress in Electromagnetics Research, J.A. Kong (Editor) 33, s.167-182, 2001.
- [6]. Murino V., Trucco A. ve Regazzoni C. S., “Synthesis of unequally spaced arrays by simulated annealing”, IEEE Trans. on Signal Processing, 44 s.119-123, 1996.
- [7]. Ares F., Rodriguez J. A., Villanueva Lopez E. ve Rengarajan S. R., “Genetic algorithms in the design and optimization of antenna array patterns”, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 47, s.506-510, 1999.
- [8]. Akdagli A. ve Güney K., “Shaped-beam pattern synthesis of equally and unequally spaced linear antenna arrays with the use of modified tabu search algorithm”, Submitted to Microwave and Optical Technology Letters.