

Eşdağılımlı Kısmi Zaman Modülasyonlu Doğrusal Dizilerde Anahtarlama Süresinin Maksimum Yanbant Düzeyine Etkisi

Ertuğrul Aksoy
Gazi Üniversitesi
Elektronik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
ertugrulaksoy@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada eşdağılımlı kısmi zaman modülasyonlu doğrusal anten dizileri için anahtarlama sürelerinin, anahtarlama kaynaklı oluşan yanbant ışımlarının maksimum seviyesine etkisi incelenmektedir. Elemanları arası uzaklık eşit doğrusal bir dizi için anahtarlama sürelerinin yanbant seviyesi arasındaki ilişki yorumlanmaya çalışılmış ve gösterilmiştir ki tam dolu bir dizi için yapılabilen anahtarlama süresi azaldıkça yanbant seviyesi artmaktadır genellemenisi kısmi module edilmiş diziler için geçerliliğini koruyamamaktadır.

1. Giriş

Anten dizileri için zaman kavramının bir tasarım parametresi olarak kullanılabileceği Shanks ve Bickmore tarafından ortaya konulmuş [1], bu ilk çalışma ile zaman modülasyonu kavramı ortaya çıkmıştır. 2002 yılında Yang ve arkadaşları tarafından yapılan ve anahtarlama sürelerinin doğrudan optimizasyonu yanbantların bastırımını anlatan bir makale [2] ile tekrar gündeme gelmiş ve bundan sonraki çalışmaların birçoğu yanbant bastırımı üzerine olmuştur [3,4,5,6]. [3] ile aperiodyk bir dizi için dolaylı yanbant bastırımı yapılmış, [4] ile anahtarlama sürelerinin başlangıç konumlarının yanbantların bastırımı için kullanılabilirliği gösterilmiştir. Literatürdeki çalışmaların çoğu tamdolu diziler üzerinde olmasına karşın [5] ile seyreltilmiş diziler için yanbant bastırımı yapılmış ve [6] ile de yanbant bastırımı yanında örüntü sıfırı kontrolü için bir yöntem sunulmuştur.

Bu çalışmaların ortak yanları oluşan yanbantların kayıp olarak görülmesi ve bastırılmaya çalışılmasıdır. Bu bastırım işlemi genellikle sonlu sayıda harmonik için hesaplanan yanbant seviyesinin maksimum değerinin azaltılması ile ışımların azaltılabileceği düşüncesine dayanmaktadır. Dolaylı bastırım olarak adlandırılacak bu yaklaşımın yanında doğrudan ışıyan gücü azaltmak da mümkündür. Bu düşünce ile yanbantlarda ışıyan güç için [7] ve [8]' de kapalı form bir formülasyon şeklinde verilen eşitliklerden faydalanılabilir. Her ne kadar ışıyan gücün doğrudan azaltılması daha anlamlı gibi görünse de, [7] ve [8] de verilen eşitliklerin örüntü üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olmamasından dolayı iletişim kurulabilecek seviyede ışıma örüntüsü oluşturmamayı garanti etmemektedir. Bu bakımdan kayıp olarak görülen ve üzerinden iletişim yapılmak istenmeyen yanbantlar için hem doğrudan güç azaltılması hem de dolaylı olarak maksimum seviyenin düşürülmesinde fayda olacaktır.

Bu düşünce neticesinde yanbant düzeyinin maksimum değerinin anahtarlama süresine bağlılığı üzerine bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada normalize edilmiş anahtarlama sürelerinin zaman modülasyonu neticesinde oluşan yanbant düzeyinin maksimum değerine etkisi incelenmiştir. Elemanları arası uzaklık eşit bir doğrusal dizi üzerinde inceleme yapılmış ve sonuçta anahtarlama süresi ile yanbant düzeyi arasındaki ilişki yorumlanmaya çalışılmıştır.

2. Zaman Modülasyonu Kavramı ve Matematiksel İfadesi

Pozitif z-ekseni üzerine yerleştirilmiş, elemanları izotropik, eşfazlı, N elemanlı doğrusal bir anten dizisi düşünülürse bu dizi için, I_n genlik katsayılarını, k çalışma frekansındaki dalga numarasını, d_{zn} n. elemanın sistem orijinine olan uzaklığını göstermek üzere dizi faktörü ifadesi:

$$AF(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n e^{jkd_{zn} \cos \theta} \quad (1)$$

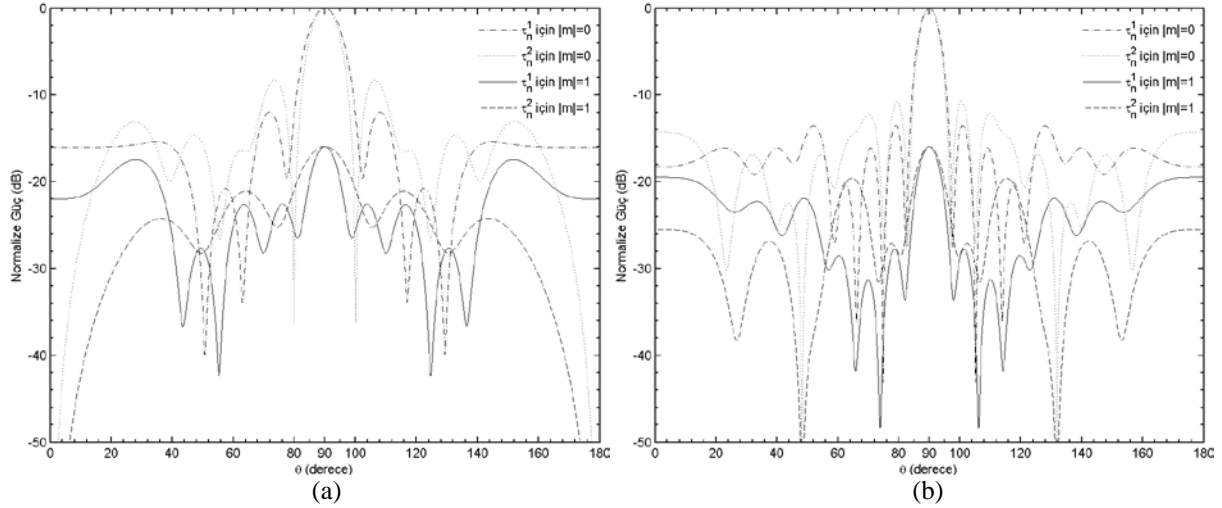
olarak ifade edilebilir. [5]'de de belirtildiği gibi bu dizi için her bir elemanın yüksek hızlı RF anahtarlar vasıtasıyla T_p periyodu ile anahtarlandığı düşünülürse, zaman bölgesinde periyodik anahtarlama neticesinde dizi faktörü ifadesine zamanın periyodik fonksiyonu olan bir terim gelecektir. Bu periyodik anahtarlama işlemine zaman modülasyonu denilmektedir. Zaman bölgesinde bu periyodik fonksiyon Fourier serisine açılabilir ve $k = \omega_0 / \omega_p \gg 1$ yani merkez çalışma frekansının anahtarlama frekansından çok büyük olduğu durumlar için, uzak alan yaklaşımı altında zaman modülasyonlu bir dizinin dizi faktörü ifadesi:

$$AF(\theta) = \begin{cases} \sum_{n=0}^{N-1} I_n \frac{\tau_n}{T_p} e^{jkd_{zn} \cos \theta} & , m = 0 \\ \sum_{n=0}^{N-1} I_n \frac{\tau_n}{T_p} \frac{\sin(\pi m \tau_n / T_p)}{\pi m \tau_n / T_p} e^{-j\pi m \tau_n / T_p} e^{jkd_{zn} \cos \theta} & , m \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

olacaktır. Bu ifadede $m=0$ ana çalışma bandını göstermektedir ve diğer m değerleri yanbantlar olarak adlandırılmaktadır. $0 < t \leq \tau_n \leq T_p$ olmak üzere n . elemanın açık kalma süresi Eşitlik (2)' den de anlaşılacağı üzere dizi elemanlarının ilgili maksimum anahtarlama periyodu ile normalize edilmiş açık kalma süreleri dizi faktörünün etkileyen bir parameter olarak gelmektedir.

3. Tartışma

Oluşan yanbantların kaynağının anahtarlama süreleri olduğu düşünülürse anahtarlama sürelerinin yanbantlarda oluşturduğu etki incelenmelidir. İlk bakışta anahtarlama süreleri ile maksimum yanbant seviyesi ters orantılı olarak görünmektedir. Yani anahtarlama süresi anahtarlama periyoduna yaklaştıkça, başka bir ifade ile elemanların açık kalma süreleri uzadıkça, maksimum yanbant düzeyi azalmaktadır. Bu tam dolu diziler için mantıklı bir durumdur çünkü anahtarlama süreleri anahtarlama periyoduna yaklaştıkça zaman modülasyonu kavramı ortadan kalkmaktadır, dolayısıyla yanbantlar da kaybolmaktadır. Bu durum kısmi module edilmiş diziler için de incelenmelidir.



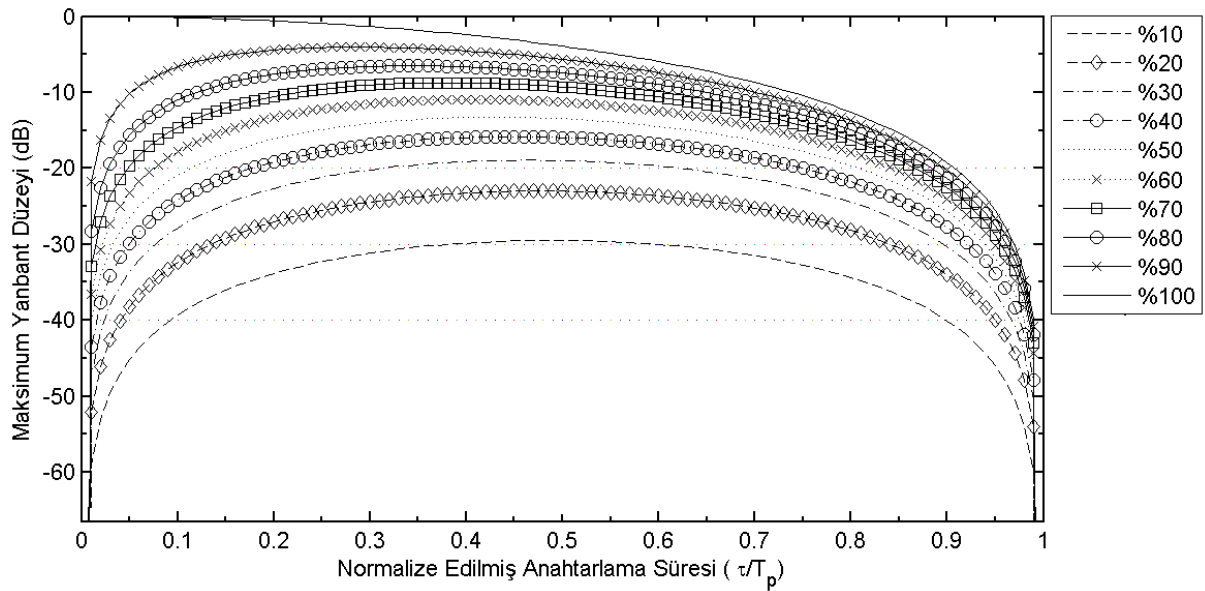
Şekil 1. (a) Farklı anahtarlama sekansları ile %40 eşmodüle edilmiş 10 elemanlı bir dizi için ana ışın ve ilk yanbant ışın örüntüleri, (b) Farklı anahtarlama sekansları ile %40 eşmodüle edilmiş, 15 elemanlı bir dizi için ana ışın ve ilk yanbant ışın örüntüleri

Kısmi olarak eş modüle edilmiş, elemanları arası uzaklık eşit, sıfır fazlı doğrusal bir dizi düşünülürse, anahtarlama elemanın konumu maksimum yanbant düzeyini etkilemeyecektir. Bu durum elemanları arası uzaklık eşit ve yarım dalgaboyu olan 10 elemanlı ve anahtarlama sekansları $\tau_n^1/T_p = [0.410.410.411110.4]$ ve $\tau_n^2/T_p = [1110.40.40.4110.41]$ olan iki dizi ile örneklendirilebilir. Bu diziler için oluşan normalize edilmiş yanbant ışın örüntüleri Şekil 1(a)' da verilmiştir. Şekil 1(a)'dan da anlaşılacağı üzere hernekadar örüntüler

değişse de maksimum seviye her iki anahtarlama sekansı için de aynı kalmaktadır ve -15.9539dB olarak hesaplanmıştır.

Dizi üzerindeki module edilmiş eleman yüzdesinin değişmemesi kaydıyla eleman sayısının değişmesi de maksimum seviyeyi değiştirmeyecektir. Bu öngörü birinci örnekteki gibi %40 modülasyon yüzdesine sahip 15 elemanlı bir dizi ile örneklendirilebilir. Anahtarlama sekansları $\tau_n^1 = [0.410.410.410.4110.4110.411]$ ve $\tau_n^2 = [1110.40.40.4110.40.41110.41]$ olan iki dizi için normalize ışıma örüntüleri Şekil 1(b).’ de verilmiştir. Şekil 1(b).’ den de okunabileceği üzere maksimum yanbant seviyesi ilk örnekte olduğu gibi sabit ve -15.9539dB’ dir.

Ayrıca elemanlar arası uzaklığın değişmesi de maksimum seviyeyi değiştirmeyecektir. Elemanlar arası uzaklığın değişimi görünen uzayda ölçeklemeye neden olmakta, elemanlar arası mesafenin artması, örüntünün görünmeyen uzaydaki bölümünün görünen uzaya girip istenmeyen anakulakçıkların oluşmasına, azalması ise görünen uzaydaki örüntünün görünmeyen uzaya kaymasına neden olmaktadır. Her iki durumda da maksimum yanbant seviyesi eşit olacaktır. Maksimum yanbant seviyesi eşmodüleli, eşdağılımlı bir dizi için anahtarlanan elemanın yerinden etkilenmediği ve modülasyon yüzdesi sabit kalmak kaydıyla eleman sayısından da etkilenmediğinden faydalanılarak Şekil 2. oluşturulabilir.



Şekil 2. Modülasyon yüzdesine göre maksimum yanbant seviyesinin normalize edilmiş anahtarlama süresine bağlı değişimi

Şekil 2. anahtarlama süresi ile maksimum yanbant düzeyi arasındaki ilişki için açıklayıcı bir örnek oluşturmaktadır. Şekil 2.’ ye göre tam dolu diziler için yapılabilen anahtarlama süresi arttıkça yanbant düzeyi düşmektedir genellemesi kısmi module edilmiş diziler için geçerliliğini yitirmektedir. En belirgin eğri olan %10 eğrisi değerlendirilecek olursa, maksimum yanbant düzeyi yarım periyot anahtarlama komşuluğunda gerçekleşmektedir ve böyle bir dizi için elemanları açmak ya da kapamak arasında maksimum seviye açısından bir fark yoktur denilebilir. Bu bakımdan ışıyan ve kayıp olarak görülebilecek toplam güç, anahtarlama süresinin bir fonksiyonu olacağından, yanbant bastırımı için anahtarlama süresinin uzatılması ile oluşacak fazladan güç kaybı kısmi modüle edilmiş diziler için anahtarlama süresinin kısaltılması ile engellenebilir. Ayrıca modülasyon yüzdesi arttıkça maksimum seviye sıfır açık kalma süresine doğru yaklaşmaktadır. Başka bir ifade ile modülasyon yüzdesi arttıkça anahtarlama süresinin kısaltılması ile yanbant seviyesi artmaktadır. Şekil 2. için not edilmelidir ki %100 modülasyon için grafikten okunamasa dahi normalize edilmiş anahtarlama süresinin sıfır olduğu durumda da diğer yüzdelere için olduğu gibi bir süreksizlik mevcuttur.

4. Sonuç

Sonuç olarak bu bildiride anahtarlama süresinin maksimum yanbant seviyesi ile olan ilişkisi üzerinde bir çalışma sunulmuştur. Maksimum seviyenin modülasyon yüzdesine göre anahtarlama süresine bağlı değişimi incelenmiş ve özellikle %50 ve altı modülasyonlu diziler için maksimum seviyenin yarım periyot anahtarlama çevresinde oluşacağı ve tam dolu diziler için yapılabilen anahtarlama süresi arttıkça yanbant düzeyi düşer genellemesinin kısmi module edilmiş diziler için söylenemeyeceği ortaya konulmuştur.

Kaynaklar

- [1]. Shanks H. E. ve Bickmore R. W., "Four-dimensional electromagnetic radiators," *Canad. J. Phys.*, 37, s.263, 1959.
- [2]. Yang S., Gan Y. B. ve Qing A., "Sideband suppression in time-modulated linear arrays by the differential evolution algorithm," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, 1, s. 173-175, 2002.
- [3]. Fondevila J., Bregains J. C., Ares F. ve Moreno E., "Optimizing uniformly excited linear arrays through time modulation," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, 3, s. 298-301, 2004.
- [4]. Poli L., Rocca P., Manica L. ve Massa A., "Handling sideband radiations in time-modulated arrays through particle swarm optimization," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 58(4), s.1408-1411, 2010.
- [5]. Aksoy E. ve Afacan E., "Thinned nonuniform amplitude time modulated linear arrays," *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, 9, s. 514-517, 2010.
- [6]. Aksoy E. ve Afacan E., "Control of the sideband level and pattern null in time modulated linear arrays," *IEEE 19th Conference on Signal Processing and Communications Applications (SIU)*, Nisan 2011, Türkiye, s.351-354.
- [7]. Bregains J. C., Fondevila J., Franceschetti G. ve Ares F., "Signal radiation and power losses of time-modulated arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, 56(6), s.1799-1804, 2008.
- [8]. Aksoy E. ve Afacan E., "Calculation of sideband power radiation in time-modulated arrays with asymmetrically positioned pulses," *IEEE Antennas Wireless Propagat.* 11, s. 133-136, 2012.