

# Dizi Tarafından Yönlendirilen Yüzey Dalgalarının Sonlu Düzlemsel Anten Dizilerinin Işıma/Saçılma Karakteristiklerine Etkileri

Özlem Aydın Çivi, P. H. Pathak\*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara, ozlem@metu.edu.tr

\*Ohio State Üniversitesi, ElectroScience Lab., 1320 Kinnear Rd., Columbus, Ohio 43212, ABD, pathak.2@osu.edu

**Özet:** *Bu çalışmada, topraklanmış dielektrik tabaka üzerine yerleştirilmiş sonlu düzlemsel dipol anten dizisinde, - topraklanmış dielektrikte oluşan yüzey dalgalarının dışında-, dizi tarafından yönlendirilen yüzey dalgalarının varlığı ve bunların ışıma/saçılma karakteristiklerine etkileri incelenmiştir.*

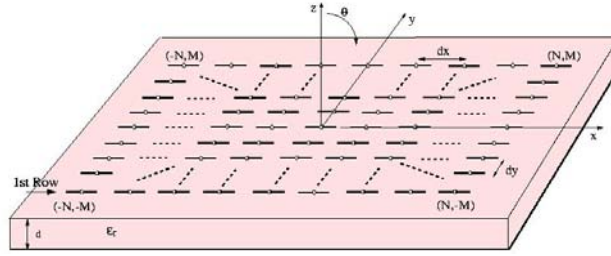
## 1. Giriş

Bu çalışmada dizi tarafından yönlendirilen yüzey dalgalarının (DYD) ışımaya ve saçılmaya problemlerinde, özellikle yüzeye yakın açılarda önemli etkilerinin olduğu gösterilmektedir. DYDlerin bir yönde sonsuz elemana sahip dizilerdeki varlığı [1,2]'de gösterilmiştir. Daha sonra bu çalışma tamamen sonlu anten dizilerinden ya da frekans seçici yüzeylerden saçınım problemlerine uygulanmıştır, [3]. Bu yüzey dalgaları yalnızca dielektrik katman üzerindeki antenlerde değil boşlukta periyodik olarak yerleştirilmiş metal elemanlardan oluşan dizilerde de oluşmaktadır, [3]. Bu tür yüzey dalgaları, dizi elemanları arasındaki mesafe yarım dalga boyundan az olduğu frekanslarda ortaya çıkmaktadır.

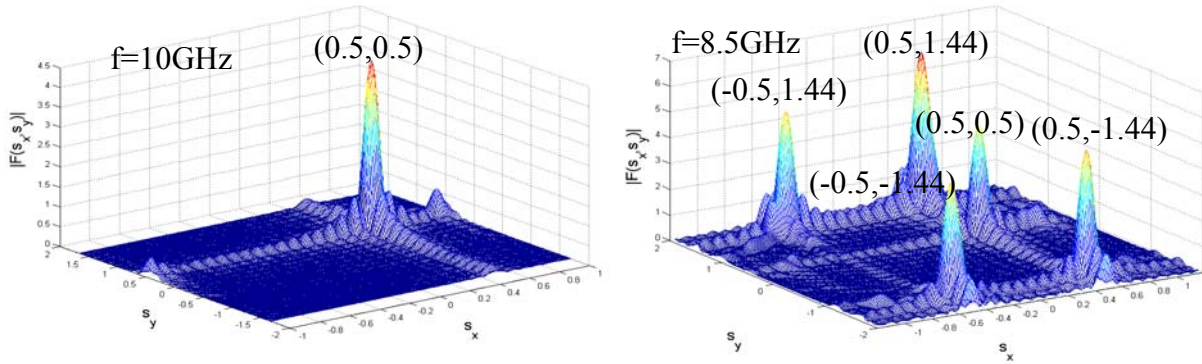
Son yıllarda büyük faz dizili antenler ve frekans seçici yüzeyler birçok sivil ve askeri uygulamada kullanılmaya başlamıştır. Büyük dizinin ortasındaki elemanlar üzerindeki akım dağılımı, sonsuz dizideki akım dağılımına oldukça benzemektedir. Sonsuz dizinin akım dağılımı Floquet teorisi kullanılarak kolayca bulunabilmektedir. Fakat anten elemanları sonlandırıldığında Floquet modları bu kenarlardan kırılıp saçılmakta ve özellikle kenara yakın olan elemanlar üzerindeki akım dağılımını sonsuz dizideki gibi değiştirmektedirler. Bunlara ek olarak, düşük frekanslarda DYDlerin dizi üzerindeki akım dağılımını etkilediği gösterilmiştir [3]. Bu tür yüzey dalgaları, sonlu dizinin kenarlarından ve köşelerinden kırılarak dizi akım dağılımına ve alanlara katkıda bulunmaktadır. Bu yüzey dalgalarının kenarlardan ve köşelerden başlama ve kırılma katsayılarının ifadeleri asimptotik yüksek frekans teknikleri kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu yüzey dalgalarının yayılım katsayısı, incelenen dizinin sonsuz elemanlı olduğu durumdaki tarama empedansının sıfırlarından, ya da daha genel durumlarda sonsuz dizinin empedans matrisinin determinantını sıfır yapan değerlerden bulunmaktadır. Bir diğer yöntem de dizi üzerindeki akım dağılımının Fourier dönüşümünün maksimumlarından, yayılım katsayısını bulmaktır. DYDlerin, antenin saçınım ve ışımaya karakteristiklerini özellikle dizi yüzeyine yakın açılarda çok etkilediği gözlenmiştir. Tüm elemanlar ya da kenara yakın olan elemanlar uygun empedansla yüklendiğinde ya da bir biçimli olmayan besleme durumları için, bu yüzey dalgalarının etkilerinin bastırılabilirdiği görülmektedir.

## 2. Formülasyon

DYDlerin etkilerini incelemek için Şekil 1'deki dielektrik katman üzerine periyodik olarak yerleştirilmiş  $(2N+1) \times (2M+1)$  tane dipol antenden oluşan dizi kullanılmıştır. Dipollerin çok ince olduğu varsayılarak yalnızca x-yönündeki akımlar Momentler yöntemiyle (MoM) modellenmiştir. Akımlar parçalı sinüs fonksiyonları ile ifade edilmiştir.  $25 \times 25$  elemandan oluşan dipol dizinin MoM ile elde edilmiş akım dağılımının Fourier dönüşümü 10 ve 8.5 GHz için Şekil 2'de çizdirilmiştir. Elemanlar arası mesafeler  $d_x=1.5\text{cm}$  (10 GHz'de  $0.5\lambda_0$ ),  $d_y=0.9\text{cm}$  (10 GHz'de  $0.3\lambda_0$ )'dir. Dizinin ana ışın demeti  $(\theta, \phi)=(45^\circ, 45^\circ)$ 'ye çevrilecek şekilde elemanlara uygun fazlar verilmiştir.  $(0.5, 0.5)$ 'deki tepeler temel Floquet moduna karşılık gelmektedir  $((s_x, s_y) = (\sin(45^\circ)\cos(45^\circ), \sin(45^\circ)\sin(45^\circ)))$ . 8.5 GHz'deki  $(s_x, s_y)=(\pm 0.5, \pm 1.44)$  deki tepe ise dizi tarafından yönlendirilen yüzey dalgasının akıma katkısıdır. 10 GHz'de bu etki gözükmemektedir; çünkü elemanlar arası mesafe 10 GHz'de dalga boyunun yarısı, 8.5GHz'de ise çok daha küçüktür, [3].



Şekil 1. Dizi anten geometrisi



Şekil 2. 25x25 elemanlı baskı dipol dizi antenin akım dağılımının  $f=10$  GHz ve  $f=8.5$  GHz'deki Fourier dönüşümü,  $d_x=1.5$ cm,  $d_y=0.9$ cm, dip. uzunluk=1.17cm, dip. genişlik=0.03cm,  $\epsilon_r=2.55$ , dielektrik katmanın kalınlığı=0.57cm

Yüzey dalgalarının etkilerini incelemek için kullanılan sayısal sonuçlarda akım dağılımı şu şekilde parçalara ayrılmıştır:

$$I_{nm} = I_{nm}^{FW} + I_{nm}^{dif} + I_{nm}^{AGSW} + I_{nm}^{SW} \quad (1)$$

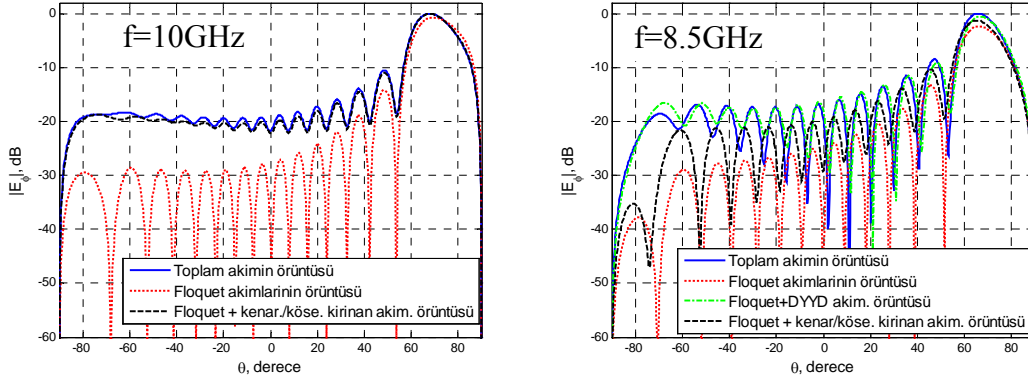
Burada  $I_{nm}^{FW}$ ,  $I_{nm}^{dif}$ ,  $I_{nm}^{AGSW}$  ve  $I_{nm}^{SW}$  sırasıyla Floquet akımlarını (sonsuz dizi üzerindeki akımlar), kenarlardan ve köşelerden kırılan akımları, DYYD akımlarını ve iletken üzerine yerleştirilmiş dielektrik tabakadaki yüzey dalgalarının akımlarını göstermektedir. Yüzey dalgalarıyla ilgili akımlar formülasyonda şu şekilde kullanılmıştır:

$$I_{nm}^{AGSW} = \sum_{i=1}^4 I_{nm}^{AGSWi} \quad (2)$$

Burada  $I_{nm}^{AGSW1}$ ,  $I_{nm}^{AGSW2}$ ,  $I_{nm}^{AGSW3}$ , ve  $I_{nm}^{AGSW4}$ ,  $(+\hat{x}, +\hat{y})$ ,  $(-\hat{x}, +\hat{y})$ ,  $(+\hat{x}, -\hat{y})$ , ve  $(-\hat{x}, -\hat{y})$  yönlerinde hareket eden dalgaları ifade etmektedir. (1) ve (2) MoM denkleminde yerleştirilerek  $I_{nm}^{dif+SW}$  ve  $I_{nm}^{AGSW}$  bilinmeyen akım katsayıları çözülmüştür.

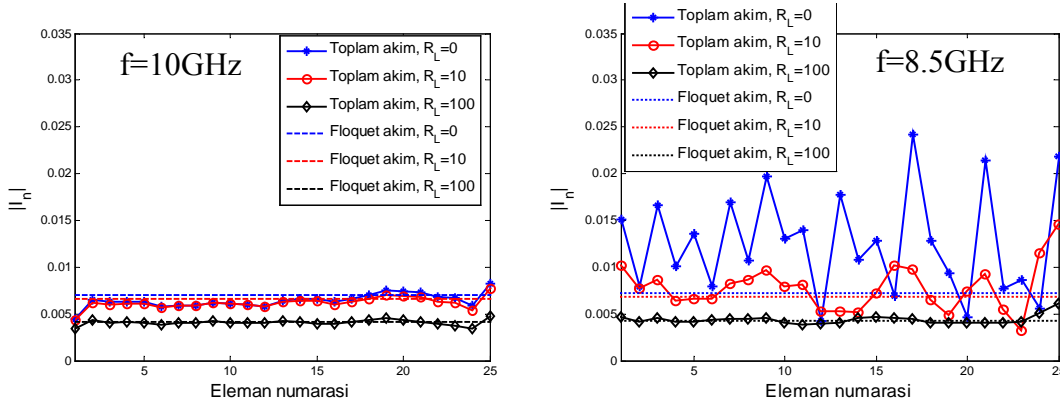
### 3. Sonuçlar

Bu bölümde DYYDlerin akım dağılımları ve ışıma/saçınım örüntüleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Verilen örneklerde 25x25 elemandan oluşan baskı dipol dizisi kullanılmıştır. Elemanlar arası mesafeler  $d_x=1.5$ cm,  $d_y=0.9$ cm, dipol uzunluğu=1.17cm, dipol genişliği=0.03cm, dielektrik sabiti  $\epsilon_r=2.55$ , dielektrik katmanın kalınlığı=0.57cm'dir. Şekil 3'de,  $(\theta_s, \phi_s)=(70^\circ, 90^\circ)$ 'den gelen alanın bu diziden saçınım örüntüleri 10 ve 8.5 GHz'de çizdirilmiştir. 10GHz'de DYYD'lerin etkisi gözükmemekte; Floquet ve kenar/köşelerden kırılan akımların yarattığı alan toplam akımların yarattığı alanı vermektedir. Oysaki, 8.5 GHz'de toplam akımların alanı ile Floquet ve kenar/köşelerden kırılan akımların alanı birbirine eşit çıkmamaktadır. Floquet ve DYYD akımlarının yarattığı alan gerçek alanı vermektedir.



Şekil 3 25x25 elemanlı baskı dipol dizinin  $f=10$  GHz ve  $f=8.5$  GHz'deki saçınım örüntüsü, geliş açısı  $(\theta_s, \phi_s)=(70^\circ, 90^\circ)$

Şekil 4'de dizinin y-yönünde orta sıradaki elemanlarının üzerindeki akım katsayıları 10 ve 8.5 GHz'de çizdirilmiştir. Elemanlar yüklenmediği durumda 10 GHz'deki akımların Floquet akımlarına çok benzer olduğu gözlenmektedir. Oysaki 8.5 GHz'de gerçek akımlarla Floquet akımları arasında önemli farklar vardır bu da DYYD'lerden kaynaklanmaktadır. Elemanlar direçlerle yüklenerek DYYD'lerin etkisinin azaltılabileceği elde edilen sonuçlardan görülmektedir.



Şekil 4. 25x25 elemanlı baskı dipol dizinin y yönündeki orta sıradaki elemanlar üzerindeki akım dağılımı, tarama açısı  $(\theta, \phi)=(45^\circ, 45^\circ)$

Bu çalışmada, dizi tarafından yönlendirilen yüzey dalgalarının, serbest uzaydaki dipol dizilerinden ve iletken plaka ve dielektrik katman üzerine yerleştirilmiş dipol dizilerinden ışınma ve saçılma etkileri incelenmiştir. Dizi elemanlarının yüklenmesinin ya da bir biçimli olmayan besleme yöntemlerinin kullanılmasının DYYD'lerin etkilerini azalttığı gösterilmiştir.

## Kaynaklar

- [1] B.A. Munk, D.S. Janning, J.B. Pryor ve R.J. Marhefka, "Scattering from Surface Waves on Finite FSS", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, cilt.49, no.12, s.1782-1793, Aralık 2001.
- [2] D.S. Janning ve B.A. Munk, "Effects of surface Waves on the Currents of Truncated Periodic Arrays", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, cilt.50, no.9, s.1254-1265, Eylül. 2002.
- [3] Ö. Aydın Çivi ve P. H. Pathak, "Array Guided Surface Waves on a Finite Array of Dipoles with/without a Grounded Substrate", *IEEE Transactions on Antennas & Prop.*, Ağustos 2006.