

Geniş Frekans Bandında Çalışan Kuvvetli Bağlısımlı Vivaldi Anten Dizisi

Şeyda Kaya^{1,2}, Lale Alatan¹
¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
seyda.kaya@metu.edu.tr, lalatan@metu.edu.tr,

²ASELSAN A.Ş.
Ankara
seydakaya@aselsan.com.tr

Özet: Bu çalışmada antipodal Vivaldi anten elemanı kullanılarak geniş bantta çalışan kuvvetli bağlantılı anten dizisi oluşturulabileceği gösterilmiştir. E-düzleminde oluşturulacak dizinin elemanlar arası mesafesini çalışma bandının üst frekansında ızgara huzmelerin oluşmasını engelleyecek şekilde küçük seçebilmek için öncelikle Vivaldi antenin boyutlarının küçültülmesi gerekmektedir. 6-18GHz bandında çalışan antipodal Vivaldi antenin boyutu küçültüldüğünde antenin geri yansıma kaybı çalışma bandının alt kısmında -10dB'nin üzerine çıkmıştır. Boyutu küçültülmüş antenin komşu elemanlarının dielektrik katmanının farklı yüzlerindeki sağ ve sol kolları birbiri üzerine çakıştırılarak kuvvetli bağlantılı anten dizisi oluşturulmuştur. Oluşan dizi antenin geri yansıma kaybı alt frekans bandında azalmış ve 6-18GHz bandında -7.45dB'den daha düşük geri yansıma kayıp değerleri gözlenmiştir.

Abstract: A wideband tightly coupled antenna array is proposed using antipodal Vivaldi antenna element. First, a Vivaldi antenna has to be miniaturized so that the element spacing of antenna array formed in E-plane is small enough to avoid grating lobes at the highest frequency of the operational bandwidth. When an antipodal Vivaldi antenna operating in 6-18GHz is miniaturized, the return loss of the antenna becomes larger than -10dB at the lower frequencies. Tightly coupled antenna array is formed from the miniaturized antenna by overlapping the arms of the adjacent elements. Accordingly, the return loss of the antenna array decreases in lower frequency band and becomes less than -7.45dB in 6-18GHz.

1. Giriş

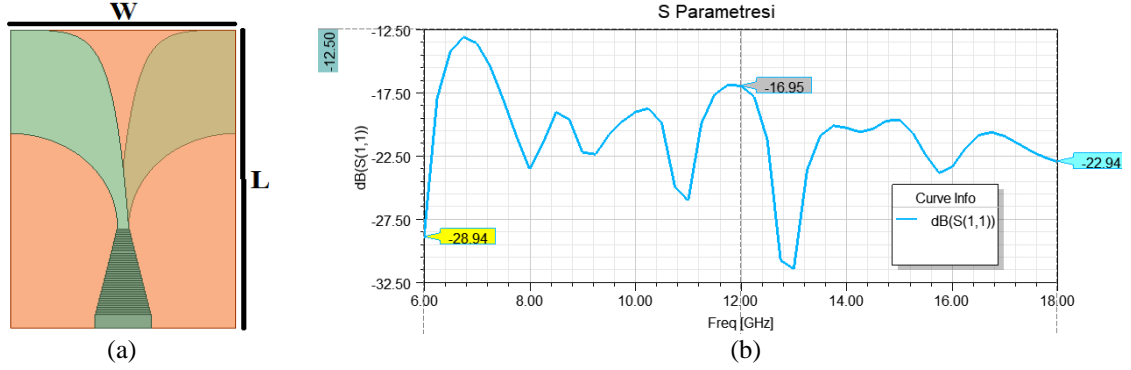
Dizi antenler farklı kullanım alanlarına sahiptir. Kullanım sebeplerinden biri anten huzmesinin elektriksel olarak döndürülebilir olmasıdır. Uygun birim elemanlar ile geniş frekans bandında çalışan ve geniş tarama açısında ışık veren dizi antenler tasarlanabilir. Vivaldi anten dizileri geniş frekans bandında çalışan anten dizilerine örnektir. Geniş bantlı oluşunu elektriksel olarak büyük olan boyutlarına borçludur. H-düzleminde oluşturulan dizilerde sıklıkla kullanılmasına rağmen, E-düzlemindeki geniş boyutu nedeni ile bu düzlemdeki dizi uygulamalarında tercih edilmemektedirler. Geniş frekans bandında çalışan bir diğer dizi örneği Ben Munk tarafından önerilen kuvvetli bağlantılı dipol anten dizileridir [1] ve bu antenler düşük profile sahiptirler [2]. Kuvvetli bağlantılı anten dizileri elektriksel olarak küçük elemanların birbirine yakın olarak ve hatta birbiri üzerine çakıştırılarak yerleştirilmesi sonucu elde edilir. Bu yerleşim ile elemanlar arasında kuvvetli bağlantılar oluşur ve bu bağlantılar çalışma bandının alt frekansını düşürerek bantı genişletir [3].

Bu çalışmada farklı tarama açılarına tarayabilen ve geniş frekans bandında çalışan anten dizisi elde etmek amacıyla Vivaldi antenlerden kuvvetli bağlantılı dizi oluşturulması hedeflenmiştir. Kuvvetli bağlantılı hale getirilmesi daha uygun olduğu için antipodal Vivaldi anten tercih edilmiştir. Literatürde antipodal Vivaldi anten kullanarak incelenmiş birkaç kuvvetli bağlantılı anten dizisi örneği mevcuttur. Örneğin [4]'te 0.51-18GHz bandında çalışan kuvvetli bağlantılı anten dizisi verilmiştir. Fakat birim eleman incelendiğinde anten genişliğinin ızgara huzme çıkartacak kadar fazla olduğu (100 mm) görülmektedir. Bu sebeple, [4]'ten farklı olarak yapılan çalışmada ilk olarak anten genişliği küçültülmüştür.

2. Anten ve Dizi Tasarımı

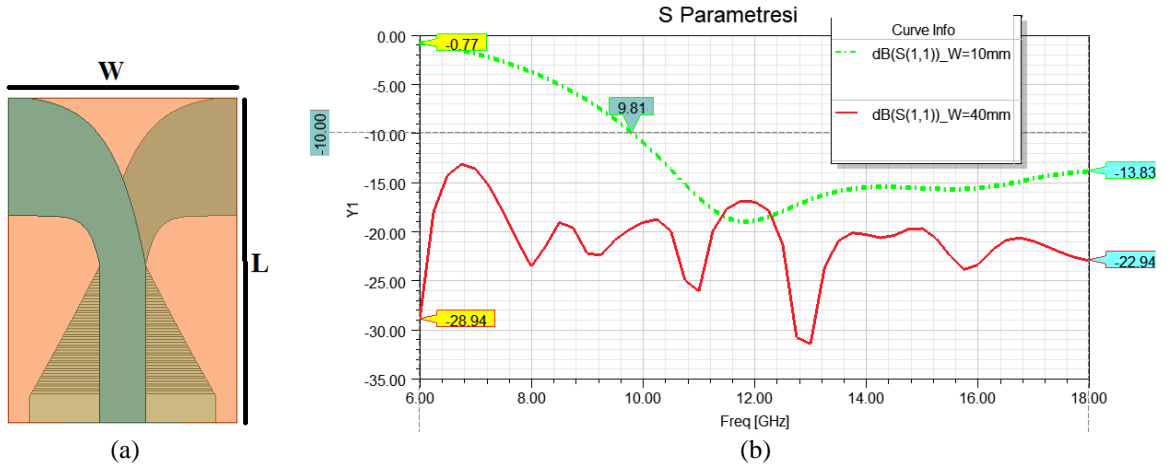
Bu bölümde tarama yapılan düzleme paralel polarizasyonlu ve geniş frekans bandında çalışan kuvvetli bağlantılı Vivaldi anten dizisi elde etme süreci anlatılacaktır. İlk olarak, [5]'te önerilen ve Şekil 1-a'da gösterilen antipodal Vivaldi anten incelenmiştir. Antenin çalışma bandı geri yansıma katsayısı < -10 dB için 6-18 GHz'dir (Şekil 1-b). Bu antenin eleman boyutları $W = 40$ mm ve $L = 60.5$ mm'dir. Antenin genişliği (W)

çalışma bandının üst frekansındaki (18 GHz) dalga boyunun 2.4 katıdır. Antenin E-düzlemindeki boyutu elektriksel olarak büyük olduğundan bu düzlemde oluşturulacak bir dizinin ışına örüntüsünde ızgara huzmeler çıkacaktır. Bu sebeple anten boyutunun küçültülmesi gerekmektedir.



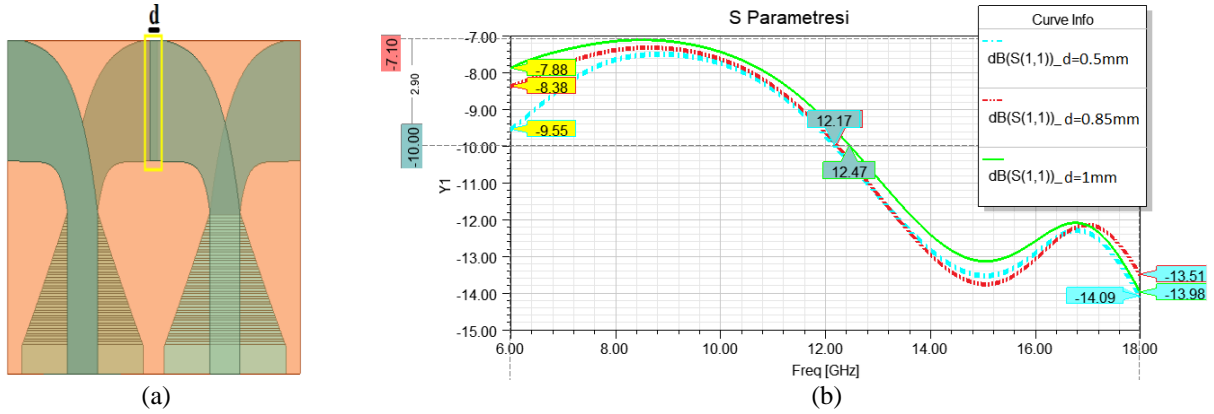
Şekil 1. (a) [5]'te önerilen antipodal Vivaldi anten ($W = 40$ mm ve $L = 60.5$ mm), (b) Antenin çalışma bandı boyunca geri yansımaya kaybı.

Genişliği 40 mm olan antenin tasarım parametreleri optimize edilerek genişliği 10 mm'ye indirilmiştir. Küçültülen anten Şekil 2-a'da gösterilmiştir. Genişliği küçültülen antenin geri yansımaya kaybı genişliği büyük olan anten ile karşılaştırmalı olarak Şekil 2-b'de sunulmaktadır. Şekil 2-b'den de görüldüğü gibi, eleman boyutunu küçültmek geri yansımaya katsayısını alt frekanslarda yükselterek çalışma bandını daraltmıştır.

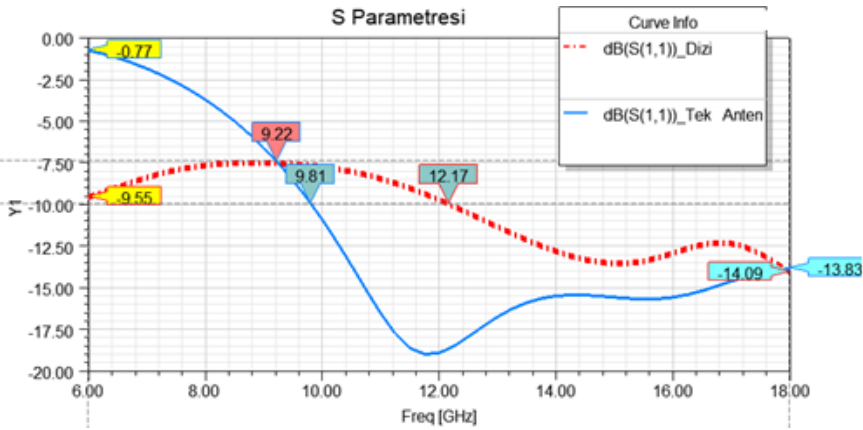


Şekil 2. (a) Genişliği (W) küçültülmüş anten ($W = 10$ mm ve $L = 14.06$ mm), (b) Küçültülmüş ve büyük antenin çalışma bandı boyunca geri yansımaya kayıplarının karşılaştırması.

Sonrasında Şekil 2'de gösterilen tek anten, birim elemana çevrilerek dizi anten incelemesi yapılmıştır. Küçültülmüş tek elemanın çalışma bandını genişletmek için kuvvetli bağlaşımlı anten dizisi kavramı kullanılmıştır. Dizinin kuvvetli bağlaşımlı anten dizisi olabilmesi için yan yana duran anten elemanlarının sağ ve sol kolları birbiri üzerine çakıştırılmıştır (Şekil 3-a). Bu çakıştırma ile elemanlar arası bağlaşımı artırarak çalışma bandının başındaki yüksek geri yansımaya kaybının düşürülebileceği [3]'te raporlanmıştır. Farklı çakıştırma miktarlarına ($d=0.5$ mm, 0.85 mm ve 1 mm) göre geri yansımaya kaybındaki değişim Şekil 3-b'de görülebilir. Bu üç değer içinde en iyi geri yansımaya katsayısını veren ($d=0.5$ mm) seçilmiştir. Antenin geri yansımaya kaybı Şekil 4'te tek anten sonucu ile karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Dizi antenin çalışma bandı geri yansımaya katsayısı < -7.45 dB için 6-18 GHz'dir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi, kuvvetli bağlaşımlı anten dizisi çalışma bandı başında tek antene göre daha düşük geri yansımaya sahiptir.



Şekil 3. (a) Kuvvetli bağlaşımlı anten dizisinde yan yana duran iki anten elemanı, (b) Farklı çakıştırma miktarına göre antenin geri yansımaya kaybı.



Şekil 4. Tek anten ve dizinin geri yansımaya sonuçlarının karşılaştırılması.

3. Sonuç

Bu çalışma yaygın olarak kullanılan kuvvetli bağlaşımlı dipol anten dizisi kavramının Vivaldi antenlerle kullanılabilirliğini incelemek için yapılmıştır. İkinci bölümde sunulan sonuçlar ışığında geniş frekans bandında çalışan kuvvetli bağlaşımlı Vivaldi anten dizisinin kullanılabileceği görülmüştür. Bundan sonraki aşamada kuvvetli bağlaşımlı Vivaldi anten dizisinin farklı tarama açılarındaki geri yansımaya katsayısı tasarım parametrelerinin optimizasyonu yardımıyla iyileştirilecektir. Sonlandırılmış anten sonuçları konferansta sunulacaktır.

Kaynaklar

- [1]. B. Munk vd., "A low-profile broadband phased array antenna," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. Digest. Held in conjunction with: USNC/CNC/URSI North American Radio Sci. Meeting (Cat. No.03CH37450), Columbus, OH, A.B.D., 2003, s. 448-451 cilt.2.
- [2]. J. Zhong vd., "Dual-Linear Polarized Phased Array With 9:1 Bandwidth and 60° Scanning Off Broadside," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 67, no. 3, s. 1996-2001, Mart 2019.
- [3]. Y. Zhou vd., "Tightly Coupled Array Antennas for Ultra-Wideband Wireless Systems," in IEEE Access, cilt. 6, s. 61851-61866, 2018.
- [4]. M. Huang vd., "An ultrawideband tightly coupled antipodal Vivaldi antenna array for UHF-Ku band applications," 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, San Diego, CA, A.B.D., 2017, s. 1323-1324.
- [5]. D. S. Cabral vd., "Design of an antipodal Vivaldi antenna focusing on constructional aspects," Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, cilt.20, no.4, s.777-789, 2021.