

İletken Sıvı Yardımıyla Yer Çekimine Göre Işıma Örüntüsünü Yapılandıran Dönence Anten

Mehmet Emre Korkmaz, Sema Dumanlı

Boğaziçi Üniversitesi

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

İstanbul

mehmet.korkmaz@bogazici.edu.tr, sema.dumanli@bogazici.edu.tr

Özet: Bu bildiride, pasif mekanik yeniden yapılandırma prensibine dayanan, yer çekimi etkisiyle ışıma örüntüsü otomatik olarak düzenlenen bir oyuk arkalıklı yarık anten dizisi sunulmaktadır. Tasarlanan anten, 2.4 GHz SBT (sınai, bilimsel ve tıbbi cihaz) bandında çalışmakta olup, dünya zeminine göre yatay konumlandırıldığında, küresel yapısı sayesinde lokal z-eksenindeki dönüşlerde sabit bir maksimum ışıma yönü sağlamaktadır. İç ve dış iletken küreler arasındaki hacim, iletken bir sıvı ile yarıya kadar doldurulmuş olup, bu sıvının yer çekimiyle hareketi sayesinde, yeryüzüne bakan yarıklar pasif olarak devre dışı bırakılmakta ve enerji tüketmeden bir yeniden yapılandırma sağlanmaktadır.

Abstract: This paper introduces a cavity backed slot antenna array in a spherical distribution that has a constant maximum radiation direction opposing the earth as the spherical array rolls. Two nested conductive spheres constitute the inner and the outer wall of the cavities backing the slots. The side walls are created with shorting pins based on the substrate integrated wave-guide concept. The space between the outer wall and the inner wall is half filled with conductive liquid which is free to move with gravity. The conductive liquid deactivates the slots that face the earth with zero energy consumption. The proposed design operates at the 2.4 GHz ISM band, with a maximum gain of more than 6 dB as the sphere rolls around its local z axis when located horizontally according to the earth surface.

1. Giriş

Son yıllarda, yeniden yapılandırılabilir antenlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu tür antenler, farklı rezonans frekanslarının kapsam alanına alınmasını veya ana huzmenin yönünün belirlenmesini mümkün kılar. Yeniden yapılandırılabilir antenler; gelişmiş performans, düşük maliyet ve alan tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir. Bu antenler için dikkate alınması gereken temel unsurlardan biri, yeniden yapılandırma işlemi için kullanılan düzeneklerdir. Genellikle, bu düzenekler tasarıma eklenerek karmaşıklığı ve maliyeti artırmakta, aynı zamanda performansı da olumsuz etkileyebilmektedir [1]. En yaygın yeniden yapılandırma yöntemi elektriksel yolla gerçekleştirilmekte olsa da, mekanik yeniden yapılandırma işlemi, dışarıdan enerji gerektirmeksizin yapılabilir ve böylelikle enerji kaybını ortadan kaldırır [2]. Bu bildiride, enerji tüketimi ya da harici bir müdahale gerektirmeyen, pasif bir mekanik yeniden yapılandırma yaklaşımı sunulmaktadır.

İletken sıvılar, antenin yeniden yapılandırılmasında iki temel biçimde kullanılmıştır: antenin elektriksel bağlantılarının değiştirilmesi ve antenin ışıma yapısının biçimlendirilmesi [3]. Işıma yapısının biçimlendirilmesi kavramsal olarak uygulanabilir olsa da, iletken sıvıların sınırlı metal benzeri özellikleri nedeniyle ışıma performansı genellikle düşmektedir [4]. Bu çalışmada ise iletken sıvı yalnızca bağlantı kesme amacıyla kullanılmış ve ışıma performansında bozulma oluşması önlenmiştir.

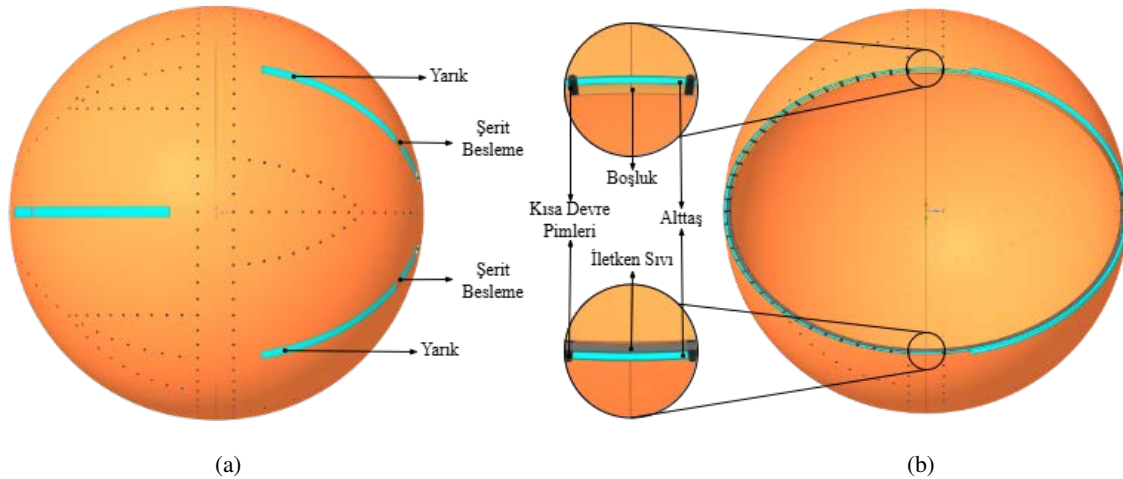
Bu bildiride, birbirinin içine geçmiş farklı boyutlarda iki iletken küre kullanılarak oluşturulan, küresel yapıda bir anten dizisi sunulmaktadır. Bu düzenekte, yer çekimi etkisiyle yönelen yarıklar etkin hale getirilmekte, yeryüzüne bakan yarıklar ise işlevsiz bırakılmaktadır. Bu bağlantı kesme işlemi, küreler arasında yer alan iletken sıvı tarafından gerçekleştirilmektedir. Böylece, yer çekiminin doğal etkisiyle, tasarlanan anten dizisi enerji harcamaksızın biçimlendirilebilmektedir. Bu yaklaşım, dönme hareketi içeren kablosuz iletişim veya kablosuz enerji aktarımı uygulamaları açısından önem taşımaktadır. Örnek olarak, araç lastiklerinde yer alan kablosuz algılayıcılar verilebilir. Bu gibi uygulamalarda, hareket halindeki bir sistem için sabit bir ışıma örüntüsü oldukça yararlı olacaktır.

Daha önceki bir çalışmada, iletken sıvı yardımıyla tek bir antenin kutuplanma biçimi ve salınım frekansı değiştirilebilmiştir [5]. Ayrıca ağırlık merkezindeki değişimden faydalanarak ışıma yönlendirmesi sağlanmıştır [6]. Anten yatay düzlemde tam dönüş yaptığında, değişen ağırlık merkezi, ışıma yönünü yer çekimi kuvvetine göre

koruyabilmektedir. Bu bildiride ise bu düşünceler bir araya getirilerek, iletken sıvı ile ışınlam örüntüsünün biçimlendirilmesi amaçlanmıştır. Yazarın bilgisi dahilinde, daha önce iletken sıvı kullanılarak yer çekimi yönüne göre ışınlam örüntüsünü biçimlendiren bir başka çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü, anten tasarımının detaylandırıldığı ikinci bölüm izlemektedir. Üçüncü bölümde antenin performansı ele alınmış; dördüncü ve son bölümde ise ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

2. Anten Tasarımı



Şekil 1. Küresel dağılıma sahip oyuk arkalıklı yuvaya anten dizisi: (a) Dizi modeli (b) Oyuk katmanlarının detaylı görünümü.

Şekil 1 (a), anten dizisinin yerleşimini göstermektedir. Önerilen tasarım, biri diğerinin içine yerleştirilmiş, sırasıyla 60 mm ve 58 mm yarıçapa sahip iki iletken küreden oluşmaktadır. Bu iki küre, kısa devre pimi duvarları ile birbirine bağlanarak sekiz adet oyuk oluşturmaktadır. Her bir oyuk boşluğunun dış yüzeyinde, uzunluğu 64 mm olan dar bir yarık bulunmaktadır. Yarıklar, oyuk arkalıklı yapı oluşturacak şekilde, şerit ile beslenmektedir [7]. Boşlukların dış yarısı, Şekil 1 (b)'de gösterildiği gibi bağlı geçirgenliği 3 olan bir alttaşı ile doldurulmuştur. Boşlukların iç yarısı ise, iletken sıvı ile yarı yarıya dolu olacak biçimde boş bırakılmıştır.

İletken sıvı, oyuklar arasında serbest biçimde hareket edebilmekte ve böylelikle yer çekimi etkisiyle boşlukların iç duvarındaki şerit hatlara kısa devre uygulamaktadır. Besleme hattının kısa devre olması, karşılık gelen yarığın da kısa devre olmasıyla sonuçlanmakta ve bu durum ilgili yarığın ışıınım yapmasını engellemektedir. Böylelikle ışıınım örüntüsü, herhangi bir dış enerji ya da müdahale olmaksızın, doğal yollarla yeniden biçimlendirilmiş olur. İletken sıvı, yer çekiminin etkisiyle sürekli olarak kürenin alt yarısında toplandığı için, ışıınım yapan yarıkların oluşturduğu örüntü daima yeryüzüne karşı yönelmektedir.

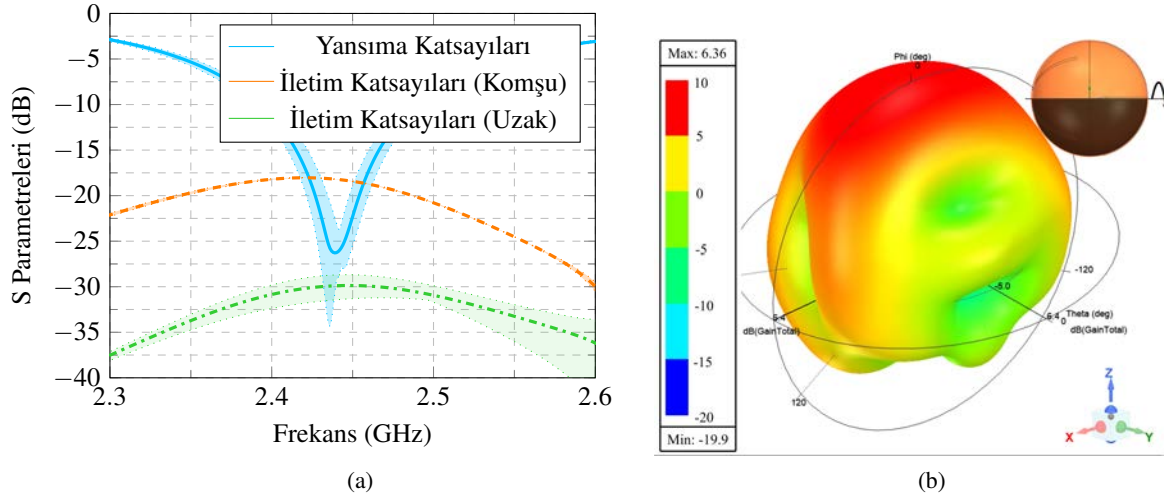
Aynı yüzey üzerinde yer alan anten dizilerinde en sık karşılaşılan sorunlardan biri, antenler arasındaki istenmeyen kuplaj etkisidir. Bu çalışmada, yarıklar aynı boylam çizgisini paylaşmayacak biçimde yerleştirilmiş; ayrıca bu bilinen sorunun önüne geçmek amacıyla, boşluk duvarları çift katmanlı kısa devre pimleri ile oluşturulmuştur.

3. Elektromanyetik Benzetim Modeli ve Sonuçlar

Oyuk arkalıklı yarık antenler için geri yansımaya katsayısı sonuçları Şekil 2 (a)'da sunulmuştur. Her bir anten elementinin, 2.4 GHz SBT bandında çalıştığı görülmektedir. Yarıklar arasındaki iletim katsayıları iki başlık altında değerlendirilmiştir. Beklendiği üzere, komşu yarıklar, komşu olmayanlara göre daha yüksek kuplaj göstermektedir. Şekil 2 (a)'da görüldüğü üzere, kuplaj tüm durumlar için her zaman -17 dB'den düşük seviyededir ve bu değer kabul edilebilir bir düzeydedir.

Yeniden yapılandırma davranışını incelemek amacıyla, küresel anten dizisinin farklı dönüş durumları taklit edilmiştir. Küre, yer yüzeyine göre yatay bir biçimde konumlandırıldığında ve kendi çevresinde dönerken, etkin durumda olan

yarık sayısı her zaman üç olarak sabit kalmaktadır. Belirli bir dönüş açısı için hesaplanan yönlü kazanç örüntüsü Şekil 2 (b)'de gösterilmiştir. İletken sıvının konumu da aynı şekilde desenin yanında belirtilmiştir. Ortaya çıkan ışıma örüntüsü, yönlü bir desen göstermekte ve sürekli olarak yeryüzüne yönelen ışımandan kaçınmaktadır.



Şekil 2. (a) Her bir yarığın yansıma katsayısı ve komşu ile komşu olmayan dizi elemanları arasındaki S Parametreleri (dB) – Frekans (GHz) grafiği. Taralı alan, değerler arasındaki varyasyonu temsil etmektedir. (b) Dizinin alt yarıdaki yarıklar iletken sıvı ile devre dışı bırakıldığındaki ışıma deseni.

4. Sonuç

Bu çalışmada, anten birimleri arasında geçişin iletken bir sıvı yardımıyla sağlandığı, yer çekimi etkisiyle yeniden yapılandırma yapılan, pasif olarak çalışan küresel bir anten dizisi önerilmiştir. Bu pasif anten seçme yöntemi sayesinde, yeryüzüne yönelen ışımanın önüne geçen, tutarlı bir ışıma örüntüsü elde edilmiştir. Her dönüş açısı için elde edilen en yüksek kazanç değerleri 6 dB'nin üzerindedir. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalar için hedeflenen yaklaşım, iç kürenin içine yerleştirilmiş bir iletken birimi kullanılarak ve her bir yarığın ayrı bir dalga yoluyla beslendiği bir yapının, üç boyutlu üretim yöntemleriyle hayata geçirilmesidir.

Kaynaklar

- [1] Ojaroudi Parchin, N.; Jahanbakhsh Basherlou, H.; Al-Yasir, Y.I.A.; M. Abdulkhaleq, A.; A. Abd-Alhameed, R. Reconfigurable Antennas: Switching Techniques—A Survey. *Electronics* 2020, 9, 336. <https://doi.org/10.3390/electronics9020336>
- [2] S. Dubal and A. Chaudhari, "Mechanisms of Reconfigurable Antenna: A Review," 2020 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Noida, India, 2020, pp. 576-580, doi: 10.1109/Confluence47617.2020.9057998.
- [3] G. -L. Huang, J. -J. Liang, L. Zhao, D. He and C. -Y. -D. Sim, "Package-in-Dielectric Liquid Patch Antenna Based on Liquid Metal Alloy," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 18, no. 11, pp. 2360-2364, Nov. 2019, doi: 10.1109/LAWP.2019.2932048.
- [4] J. Hao, J. Ren, X. Du, J. H. Mikkelsen, M. Shen and Y. Z. Yin, "Pattern-Reconfigurable Yagi-Uda Antenna Based on Liquid Metal," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 20, no. 4, pp. 587-591, April 2021, doi: 10.1109/LAWP.2021.3058115.
- [5] L. Li, X. Yan, H. C. Zhang and Q. Wang, "Polarization- and Frequency-Reconfigurable Patch Antenna Using Gravity-Controlled Liquid Metal," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 69, no. 3, pp. 1029-1033, March 2022, doi: 10.1109/TCSII.2021.3119040.
- [6] L. Li, A. Fu, H. Xiong, J. Han and W. Wu, "Coaxial Line and Ground Separated Beam-Steering Yagi-Uda Antenna Controlled by Gravity," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 22, no. 9, pp. 2100-2104, Sept. 2023, doi: 10.1109/LAWP.2023.3276006.
- [7] S. Dumanli, C. J. Railton and D. L. Paul, "A Slot Antenna Array With Low Mutual Coupling for Use on Small Mobile Terminals," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 5, pp. 1512-1520, May 2011, doi: 10.1109/TAP.2011.2123057.