

Beden-İçi İletişim için Geniş Bantlı Çift Portlu Çapraz Yarık Anten Tasarımı

Ahmet Bilir, Burak Ferhat Ozcan, Sema Dumanli
Boğaziçi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
İstanbul

ahmet.bilir@boun.edu.tr, burak.ozcan@boun.edu.tr, sema.dumanli@boun.edu.tr

Özet: *Beden-İçi kablosuz iletişim kuran cihazlar için genellikle beden-üstü antenler tercih edilir. Beden-İçi iletişim kanalının güvenilirliğini veya veri hızını artırmak için çoklu polarizasyon ve geniş bantlı sinyaller kullanılabilir. Bu bildiride, beden üstünde çeşitli lokasyonlarda kullanıma uygun geniş bantlı çift polarizasyonlu beden-üstü bir anten sunulmaktadır. Anten, dielektrik sabiti 30 veya daha fazla olan beden dokuları üzerinde 0.95 – 2.10 GHz arasında çalışmaktadır. Kas dokusu üzerine yerleştirilen antenin portları arasındaki izolasyonun, antenin çalıştığı bant genişliği boyunca 30 dB'den daha fazla olduğu gösterilmiştir.*

Abstract: *Wearable antennas are often necessary for devices used in BAN to establish an in-body communication link. Wide-band operation and multiple polarizations can be employed to increase the reliability and data rate of the link. In this paper, a wide-band two-port wearable antenna is presented. The antenna operates in the frequency range from 0.95 GHz to 2.10 GHz on various tissues, whose relative permittivity is 30 or more. On muscle tissue, the transmission coefficient between the ports is higher than 30 dB throughout the bandwidth.*

1. Giriş

Beden-üstü antenler, beden-dışı, beden-üstü ve beden-İçi iletişim kanallarının oluşturulmasını gerektiren çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Beden-İçi iletişim kanalının güvenilirliği, giyilebilir antenin ve implantın yerleştirildiği dokuya bağlıdır. Giyilebilir antenin performansı, antenin yerleştirildiği dokunun ve dolayısıyla etkin dielektrik sabitinin değişmesi sonucu değişecektir. Bu sorun, farklı dielektrik sabitli dokular üzerinde de çalışabilecek, geniş bantlı bir anten kullanılmasıyla aşılabılır. İletişimin performansını ciddi şekilde etkileyen bir diğer parametre ise beden-üstü okuyucu anten ve implant anten arasındaki polarizasyon eşleşmesidir. Bu sorun, giyilebilir antenin farklı polarizasyonlarda çalışacak şekilde tasarlanmasıyla çözülebilir.

Literatürde, giyilebilir olmayan geniş bantlı çok portlu antenler önerilmiştir [1]-[2]. [1]'de dairesel kutuplanmalı çok portlu giyilebilir bir anten önerilmiştir. Benzer şekilde, [2]'de iki portlu, beden-üstü ve beden-dışı iletişim yapabilen bir anten tasarımı ve üretimi verilmiştir. Fakat, bahsedilen antenlerin hiçbirisi beden-İçi iletişim için kullanılmaya uygun değildir. Diğer yandan, literatürde çok portlu giyilebilir fakat geniş bantlı olmayan antenler [3]-[8] önerilmiştir. [4]-[8]'de sunulan antenlerin portlar arasındaki izolasyonu düşüktür. [3]'te beden-İçi iletişim kuran çift portlu bir anten önerilmesine rağmen anten dar bantlıdır. [9]'da, kas dokusu üzerinde 381 – 990 MHz aralığında çalışan ve bu frekans aralığında portlar arasındaki izolasyon yüksek olan çapraz papyon anten önerilmiştir. Fakat antenin farklı dielektrik sabitli dokular üzerindeki performansı incelenmemiştir.

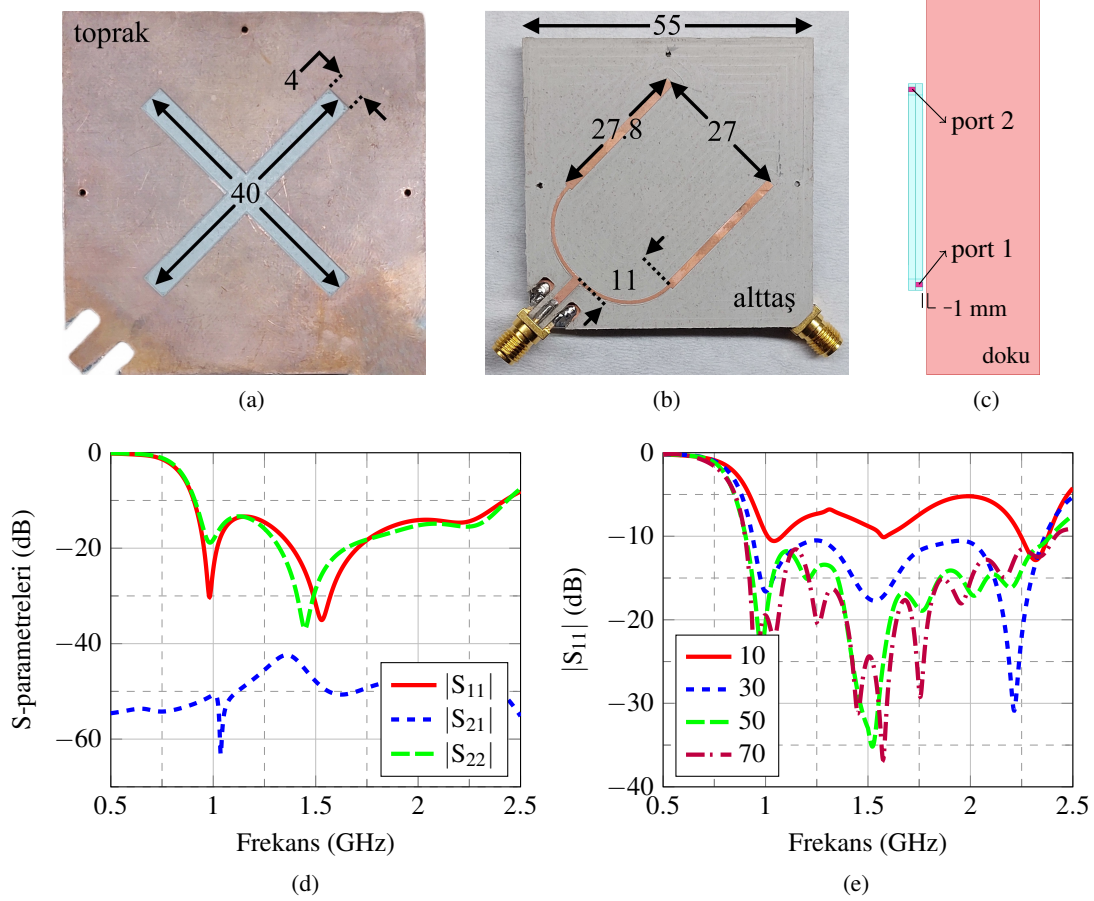
Bu bildiride, 0.95 – 2.10 GHz aralığında çalışan, bu frekans aralığında portlar arasındaki izolasyonu 30 dB'den daha fazla olan ve dielektrik sabiti 30 veya daha fazla olan dokular üzerinde aynı frekans bandında çalışabilen iki portlu çapraz yarık anten tasarımı ve üretimi sunulmaktadır.

2. Anten Tasarımı ve Üretimi

İki portlu çapraz yarık anten, minyatürleştirme amacıyla 1.91 mm kalınlıktaki Rogers RT6010LM alttaş ($\epsilon_r = 10.2$ ve $\tan \delta = 0.0023$) üzerinde modellenmiştir. Anten geometrisi Şekil 1 (a) ve (b)'de gösterilmiştir. Yarıkla içeren toprak, birbirine dik iki mikro-şerit çatal besleme arasına yerleştirilmiştir. Her mikro-şerit besleme, çapraz yarığı bir köşegeninden uyarır. Yarıklar birbirine dik olduğu için portlar arasındaki kuplaj faktörü düşüktür. Geniş bant aralığı elde etmek amacıyla geniş yarıklar ve çatal beslemeler kullanılmıştır. Anten, Şekil 1 (c)'de görüldüğü gibi, 150 mm \times 150 mm \times 70 mm boyutundaki kas bloğunun üzerine, anten ve kas bloğu arasında 1 mm hava kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Numerik benzetimde, ANSYS HFSS kütüphanesinde tanımlı, elektriksel özellikleri frekansa bağlı olarak değişen kas dokusu kullanılmıştır. Şekil 1 (a)'da verilen optimize edilmiş boyutlara sahip antenin yansıma ve iletim katsayıları, Şekil 1 (d)'de görülebilir. Anten 0.94 GHz - 2.36 GHz frekans aralığında çalışmaktadır ve bu bant genişliği boyunca iki port arasındaki iletim katsayısı – 40 dB'den düşüktür.

İnsan bedenindeki çoğu dokunun dielektrik sabiti 10 – 70 aralığında olduğundan, hedef dokunun dielektrik sabiti

bu aralıkta taranmıştır. Bu benzetimlerde, hedef dokunun iletkenliği, etkisi yakın alanla sınırlı olduğundan, 0.5 S/m’de sabit tutulmuştur. Hedef dokunun dielektrik sabitinin beden-üstü antenin yansıma katsayısına etkisi Şekil 1 (e)’de görülebilir. Dielektrik sabiti 30’dan büyük olan dokular için antenin hedeflenen frekans aralığında çalıştığı gözlemlenebilir. Hedef dokunun dielektrik sabitinin antenin bant genişliğine etkisinin az olmasının nedeni, yayın yapan kısmın, yüksek dielektrik sabitli dielektrik alttaş ve üsttaş arasına sıkıştırılmış olmasıdır.

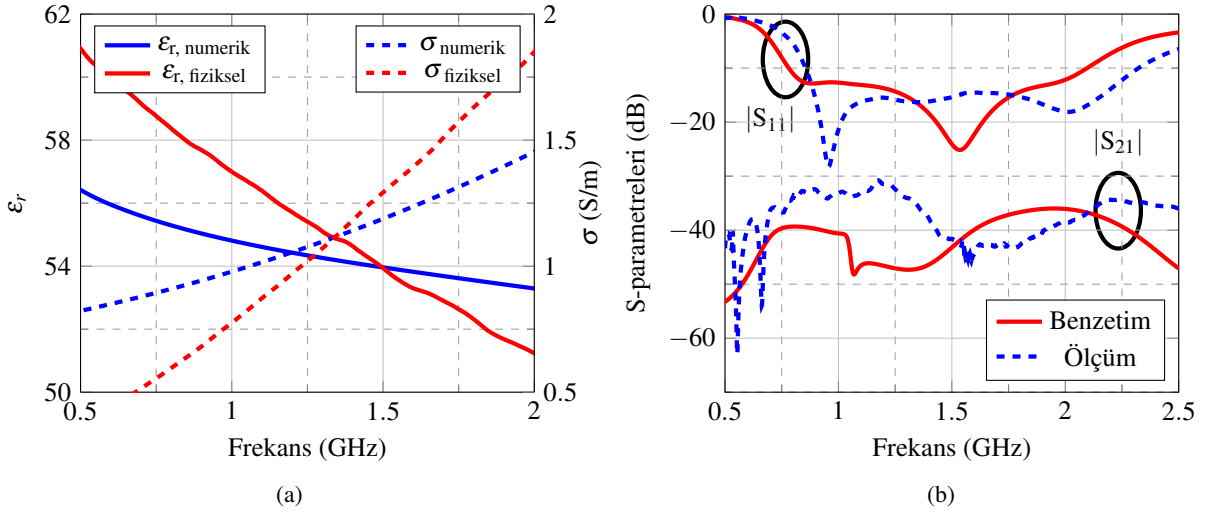


Şekil 1. Antenin (a) toprak ve (b) mikroşerit katmanlarının görüntüleri ve boyutları (mm cinsinden), (c) benzetim modeli, (d) antenin kas dokusu üzerindeki ve (e) farklı dielektrik sabitli dokular üzerindeki benzetim sonuçları [10].

Benzetimlerle eniyileştirilen anten, 1.91 mm kalınlıktaki Rogers RT6010LM alttaş üzerinde LPKF S103 cihazı kullanılarak prototiplenmiştir. Üretilen anten Şekil 1 (a) ve (b)’de görülebilir. Anten iki katmandan oluştuğundan, bu iki katmanı düzgün bir şekilde hizalayabilmek için, prototiplenen alttaş ve üsttaş’a üçer adet delik açılmıştır. Antenin kas dokusu üzerindeki performansını ölçmek amacıyla 2500 mL su, 2000 g şeker, 5 g tuz ve 7,5 g sodyum azit kullanılarak fiziksel kas fantomu hazırlanmıştır. Fiziksel ve numerik fantomun elektriksel özellikleri Şekil 2 (a)’da görülebilir. Şeker, fantomun dielektrik sabitini azaltırken tuz ve sodyum azit fantomun iletkenliğini artırmaktadır. Ayrıca, sodyum azit fantomun küflenerek bozulmasını engellemektedir. Fiziksel fantom 20 cm × 20 cm × 12 cm boyutlarındaki pleksi kaba koyulmuştur. Pleksi kap eklenmesinin anten çalışmasına etkisini görmek için kap numerik modele eklenerek tekrardan benzetim yapılmıştır. Benzetim ve ölçüm sonuçları Şekil 2 (b)’de görülebilir. Prototiplenen antenin iletim katsayısının -30 dB’den düşük olduğu ve benzetim sonuçlarıyla benzer olduğu görülmüştür.

3. Sonuç

Bu çalışmada, beden-içi iletişimde kullanmak üzere geniş bantlı çift portlu çapraz yarık anten tasarlanmıştır. Anten, 0.95 – 2.1 GHz aralığında çalışmaktadır ve bu frekans bandı boyunca portlar arasındaki iletim katsayısı 30 dB’den yüksektir. Benzetimlerle eniyileştirilen anten, RF kart üzerinde prototiplenmiş ve fiziksel fantom üzerinde test



Şekil 2. (a) Numerik ve fiziksel fantomun elektriksel özellikleri ve (b) antenin kas dokusu üzerindeki yansıma ve iletim katsayıları [10].

edilmiş ve sonuçların benzetimle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, anten dielektrik sabiti 30 veya daha fazla olan herhangi bir doku üzerinde 0.95 – 2.1 GHz aralığında çalışmaktadır. Dolayısıyla, anten, farklı beden dokuları üzerinde kullanıma uygundur.

Kaynaklar

- [1] S. Kumar et al., "Wideband Circularly Polarized Textile MIMO Antenna for Wearable Applications," in IEEE Access, vol. 9, pp. 108601-108613, 2021.
- [2] T. T. Le, Y. -D. Kim and T. -Y. Yun, "Wearable Pattern-Diversity Dual-Polarized Button Antenna for Versatile On-/Off-Body Communications," in IEEE Access, vol. 10, pp. 98700-98711, 2022.
- [3] R. Noormohammadi, A. Khaleghi, J. Bergsland and I. Balasingham, "Conductive Backscatter Communication for Dual-Chamber Leadless Pacemakers," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 70, no. 4, pp. 2442-2450, April 2022.
- [4] C. X. Mao, Y. Zhou, Y. Wu, H. Soewardiman, D. H. Werner and J. S. Jur, "Low-Profile Strip-Loaded Textile Antenna With Enhanced Bandwidth and Isolation for Full-Duplex Wearable Applications," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 68, no. 9, pp. 6527-6537, Sept. 2020.
- [5] C. Mendes and C. Peixeiro, "A Dual-Mode Single-Band Wearable Microstrip Antenna for Body Area Networks," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 16, pp. 3055-3058, 2017.
- [6] M. Wagih, G. S. Hilton, A. S. Weddell and S. Beeby, "Dual-Polarized Wearable Antenna/Rectenna for Full-Duplex and MIMO Simultaneous Wireless Information and Power Transfer (SWIPT)," in IEEE Open Journal of Antennas and Propagation, vol. 2, pp. 844-857, 2021.
- [7] N. K. Mallat and A. Iqbal, "Substrate integrated waveguide-based simultaneous transmit and receive antenna for full-duplex wearable devices," in International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 32(7), 2022.
- [8] D. Ma and W. X. Zhang, "A dual-band dual-polarized antenna for body area network," Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, 2010, pp. 1-5.
- [9] H. Wang, Y. Feng, F. Hu and Y. -X. Guo, "A Wideband Dual-Polarized Ring-Loaded Cross Bowtie Antenna for Wireless Capsule Endoscopes: Design and Link Analysis," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2022.
- [10] A. Bilir and S. Dumanli, "Wide-band Dual Port Cross Slot Wearable Antenna for In-body Communications," 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Florence, Italy, 2023, pp. 1-5, doi: 10.23919/EuCAP57121.2023.10133068