

ISM-Bandı Biyoteleometri Uygulamaları İçin Fare Derisi İçi Mikroşerit Anten Tasarımı

Erdem Uras, Mustafa H. B. Uçar
Kocaeli Üniversitesi
Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü
Kocaeli
135172005@kocaeli.edu.tr, mhbuca@kocaeli.edu.tr

Özet: Bildiride, ISM bandı (Industrial, Scientific and Medical 2.4-2.48GHz) biyoteleometri uygulamaları için kare spiral elemanı temel alan yeni bir mikroşerit anten tasarımı sunulmaktadır. Geliştirilen anten tasarımında ışıma elemanı, toprak (GP) destekli dielektrik ($\epsilon_r=10.2$) tabaka üzerine yerleştirilmiş kare spiral ve bu spiralin etrafını çevreleyen metalik bir hattan oluşmaktadır. Pratik uygulama göz önüne alarak, anten tasarımında, ışıma elemanını ortamın etkilerinden izole etmek için dielektrik üst-taş kullanılmıştır. Önerilen mikroşerit anten tasarımının sayısal analizleri elektriksel olarak fare derisi özelliklerine sahip ortamda (cole-cole modeli $\epsilon_f(\omega)$, $\rho=1050 \text{ kg/m}^3$) gerçekleştirilmiştir. Bildiride, fare derisine uyumlu önerilen mikroşerit implant anten yapısına ait sayısal analiz sonuçlarına yer verilmektedir.

Abstract: In the paper, a new rectangular spiral element based microstrip implant antenna for ISM-band biotelemetry applications is proposed. In the antenna design, radiating element consists of rectangular-spiral surrounded by a metallic thin microstrip-line is placed on to the ground backed dielectric substrate ($\epsilon_r=10.2$). Considering practical implementation, the radiating element is sandwiched between two thin substrates backed by a rectangular ground plane (GP), thus radiating element could be isolated from environmental effects. Numerical analysis of the proposed microstrip antenna design were carried out in a medium shows electrically rat skin properties. In the paper, the numerical analysis results of the proposed microstrip implantable antenna design are presented.

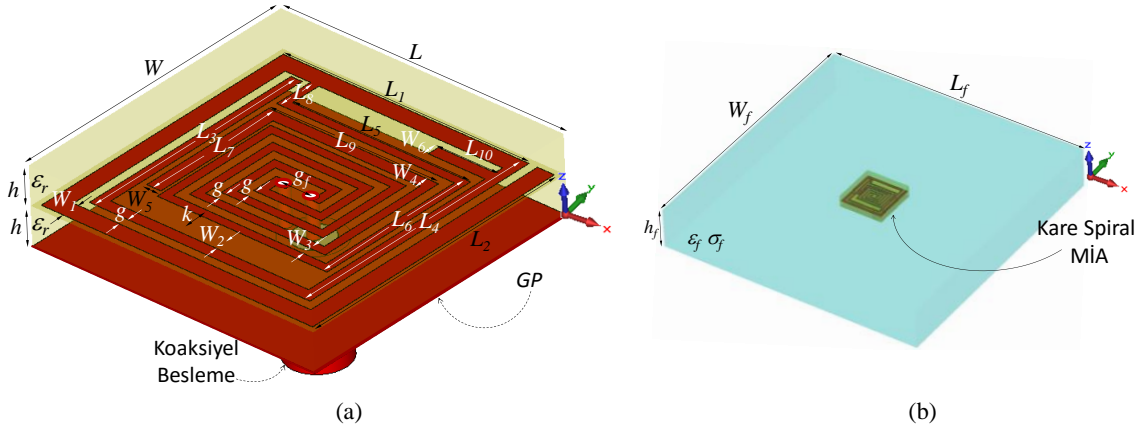
1. Giriş

Son yıllarda hızla gelişmekte olan medikal teknolojisi, hastaların sağlık verilerinin kişilerin günlük hayatını kısıtlamadan takip edilmesini kolaylaştırmıştır. Bu teknolojilerden biri olan biyoteleometri sistemlerinin önemli bileşenlerinden anten elemanı, verilerin iletilmesinde etkin rol oynarken, sistemin küçültülmesinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Biyoteleometri sistemlerinde kullanılan vücut-içi (implant) antenler, çoğunlukla insan vücuduna uyumlu olarak tasarlanmaktadır [1-6]. Ancak günümüzde literatürde yer alan birçok çalışma, laboratuvar deneylerinde denek hayvanı olarak kullanılan farelerin hayati değerlerinin gözlemlenmesini içermekte ve araştırmacıları fare dokusuyla uyumlu implant anten tasarımlarının geliştirilmesine yönlendirmektedir [5]. Biyoteleometri sistemlerinde, küçük hacim, düşük kayıp/maliyet/saçılma karakteristiği ve kolay üretim gibi özellikleri sebebiyle mikroşerit antenler tercih edilmektedir [4]. Fakat bu özellikler implant sistemler için yeterli olmayıp, bahsi geçen avantajlara ek olarak vücut-yüzey uyumlu, düşük özgül soğurma oranı (SAR) ve düşük güç tüketimine sahip olmalıdır [6]. Medikal uygulamalarda kullanılan antenler, uluslararası kuruluşların belirlediği MICS (Medical Implant Communication Services 402-405MHz) ve/veya ISM (Industrial, Scientific and Medical 2.4-2.48GHz) frekans bantlarını kapsayan şekilde çift/tek-bantlı olarak tasarlanmaktadır [7-10]. Bildiride önerilen implant anten, fare derisinin elektriksel özelliklerine uygun olarak ISM bandında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen implant anten tasarımı, sonlu integral metodunu temel alan CST Microwave Studio benzetim programı aracılığıyla tasarlanmış olup, bildiride implant anten ait ilgili sayısal analiz sonuçlarına yer verilmektedir.

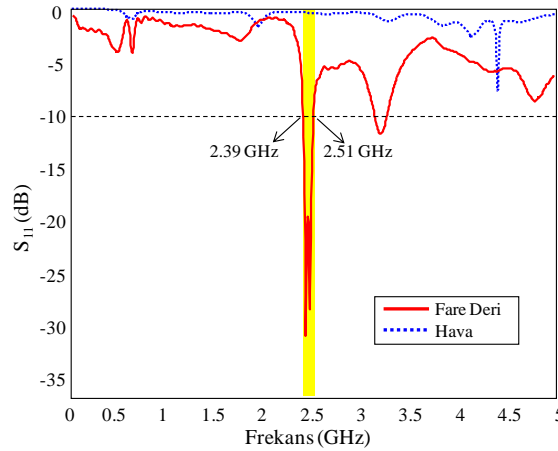
2. Mikroşerit İmplant Anten (MİA) Tasarımı

Önerilen kare spiral yapısını temel alan mikroşerit implant anten (MİA) tasarımı ve tasarımın fare derisi içerisindeki yerleşimi sırasıyla Şekil 1.(a) ve Şekil 1.(b)'de verilmiştir. Şekil 1.(a)'da görüldüğü üzere tasarım, toprak-destekli (GP) dielektrik alt-taş (Rogers 3210, $\epsilon_r=10.2$, $\tan\delta=0.0027$) ve üst-taş arasına yerleştirilmiş çift sarmal kare spiral ve bu spiralin etrafını çevreleyen metalik bir hattan oluşmaktadır. Bu çalışmada spiral ışıma

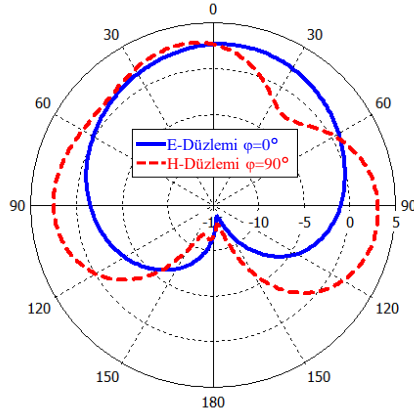
seçilmesinin en önemli sebebi özellikle fiziksel alanın kısıtlı buna karşılık elektriksel (@ 2.4 GHz, $\lambda=12$ cm) boyutun büyük olduğu medikal uygulamalarda sıklıkla tercih edilmesidir [9]. Kare spiral ışına elemanı, toprak düzleminde anten düzlemine doğru uzanan 50- Ω 'luk koaksiyel ile beslenmektedir. Işıma yüzeyini oluşturan iç spiral ve etrafını çevreleyen dış halkanın uzunluğunun toplamı ($L_{top} \approx 126$ mm), antenin ISM bandındaki elektriksel uzunluğuna yaklaşık olarak eşit olacak şekilde seçilmiştir. Gerçek ölçümler öncesindeki laboratuvar ölçümlerinde denek hayvanı olarak farenin tercih edilmesi sebebiyle, önerilen mikroserit antenin sayısal analizleri, Şekil 1.(b)'de yer alan modelleme kapsamında elektriksel olarak fare derisi ($\epsilon_f(\omega)$, $\rho=1050$ kg/m³) özelliklerine sahip ortam içerisinde ($W_f \times L_f \times h_f$) gerçekleştirilmiştir. Fare derisi benzetim ortamının oluşturulması için literatürde yer alan cole-cole modelindeki katsayılar [5] kullanılarak CST Microwave Studio programına aktarılmış ve ilgili sayısal analizler bu kapsamda gerçekleştirilmiştir. Önerilen kare spiral MIA tasarımına ait fare derisi özelliklerine sahip ortam ve hava içerisindeki geri-dönüş kaybı (S_{11}) karakteristikleri Şekil 2'de verilmiştir. Görüldüğü üzere önerilen anten tasarımı, hava ortamında herhangi bir rezonansa sahip değilken fare derisi içerisinde, %4,8'lik bant-genişliğiyle, 2.39 GHz –2.51 GHz frekans aralığındaki ISM bandını (2.4–2.48GHz) kapsayacak şekilde $S_{11} \leq -10$ dB performansı sergilemektedir. İlgili ISM bandındaki S_{11} performansını elde ederken toplam halka uzunluğu (L_{top}), özellikle tasarımdaki L_2 ve L_3 uzunlukları kritik parametreler olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca Kare spiral MIA'nın 2.44 GHz frekansındaki broadside ışına diyagramı Şekil 3'te verilmektedir. Görüldüğü üzere, önerilen tasarım, oldukça küçük boyutlarda olması ve yüksek doku kaybı/iletkenlikten kaynaklı olarak E- ve H-düzlemlerinde simetrik olmayan ışına karakteristiğine sahip olup ilgili frekans bandında ortalama yönlendirme kazancı ve verimliliği sırasıyla 3.18 dBi ve %0.18'dir. Önerilen kare spiral MIA tasarımının verimliliğinin ($e_0=e_r \times e_c \times e_d$) oldukça düşük çıkması beklentiler dâhilinde olup fare derisi ($\epsilon_f \approx 19.3$) içi MIA'nın geliştirildiği ortamının yüksek dielektrik kaybından (e_d) kaynaklanmaktadır. Bu verimlilik değeri literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında kabul edilebilir seviyelerdedir [10].



Şekil 1. Önerilen kare spiral MIA (a) konfigürasyonu: $W=L=10$, $L_1=8.7$, $L_2=9.6$, $L_3=8$, $L_4=8.7$, $L_5=6.3$, $L_6=5.7$, $L_7=3.85$, $L_8=1.35$, $L_9=6$, $L_{10}=2$, $W_1=0.6$, $W_2=W_4=W_6=0.4$, $W_3=0.3$, $W_5=0.5$, $k=0.95$, $g=0.3$, $g_f=1$, $h=1.27$ (mm), $\epsilon_r=10.2$, (b) Fare derisi modeli içindeki yerleşimi: $W_f=L_f=60$, $h_f=9.28$ (mm).



Şekil 2. Önerilen kare spiral MIA tasarımına ait fare derisi ve hava içerisindeki geri-dönüş kaybı (S_{11}) karakteristikleri.



Şekil 3. Önerilen kare spiral MIA'ya ait 2.4 GHz frekansındaki uzak-alan ışınma örüntüsü benzetim sonucu.

3. Sonuçlar

Bildiride, biyotelemetri uygulamaları için fare derisi içerisinde çalışan yeni bir mikroşerit implant anten tasarımına ve bu tasarıma ait sayısal analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmada fare derisinin dielektriksel karakteristiği literatürde yer alan cole-cole modelindeki katsayılar kullanılarak CST Microwave Studio programına aktarılmış ve ilgili sayısal analizler bu kapsamda gerçekleştirilmiştir. Önerilen MIA tasarımı, modellenen fare derisi ortamında 2.44 GHz –2.56 GHz ISM bandında tek bantlı ışınma performansı sergilemektedir. Geliştirilen oldukça küçük boyutlu ($10 \times 10 \times 2.56 \text{ mm}^3$) Kare spiral MIA tasarımı, ISM frekans bandında %4.7 bant genişliği sunmakta olup, çalışma bandındaki ortalama yönlendirme kazancı ve verimliliği sırasıyla 3.18 dBi ve %0.18'dir. Kazanç ve özellikle verimlilik değerlerinin oldukça düşük çıkması beklentiler dâhilinde olup önerilen tasarımın benzetimlerinin gerçekleştirildiği ortamın yüksek dielektrik katsayısına ($\epsilon_r \approx 19.3$) sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında kabul edilebilir. Bildiride sunulan MIA tasarımı, küçük boyutlu yapısı ve kabul edilebilir seviyelerdeki ışınma performansı, ISM bandı biyotelemetri uygulamalarında kullanılan antenlere alternatif olma potansiyeline sahiptir. Önerilen kare spiral MIA tasarımının prototip üretim çalışmaları devam etmekte olup, tasarıma ait hava ve fare derisi taklit jeli içerisindeki S_{11} ölçümlerinin konferansta sunulması planlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Proje No: 115E597) ve Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi (Proje No: 2015-87HD) tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Sondas A. ve Ucar M.H.B., “An Implantable Microstrip Antenna Design for MICS-band Biomedical Applications,” Turk J. Elec. Eng. & Comp. Sci. cilt. 24, s. 2267 – 2273, 2016.
- [2]. Kiourti, A. Konstantinos, A. Psathas, J. R. Costa, C. A. ve Konstantina S. N., “Dual-Band Implantable Antennas for Medical Telemetry: A Fast Design Methodology and Validation for Intra-Cranial Pressure Monitoring”, Progress In Electromagnetics Research, cilt. 141, s. 161-183, 2013.
- [3]. Topsakal, E. “Antennas for Medical Applications: Ongoing Research and Future Challenges”, International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications ICEAA '09, 890-893, 2009.
- [4]. P. S. Hall ve Y. Hao, Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications. 2nd Ed., Artech House, 2012.
- [5]. Karacolak, T, Cooper, R ve Topsakal, E, “Electrical Properties of Rat Skin and Design of Implantable Antennas for Medical Wireless Telemetry”, IEEE Trans. Antennas And Propag., cilt. 57, no. 9, 2009.
- [6]. Soontornpipit, P. Furse, C.M. ve Chung, Y.C. “Design of Implantable Microstrip Antenna for Communication with Medical Implants”, IEEE Trans. MTT., cilt 52 no.8, s.1944-1951, 2004.
- [7]. Medical Implant Communication Service (MICS) federal register. Rules and Regulations 1999, 64.240: 69926 69934.
- [8]. European Radiocommunications Commission (ERC) Recommendation 70-03 relating to the use of short range devices. Conf. Eur. Postal. Telecomm. Admin. 1997, CEPT/ERC 70-03, Annex 12.
- [9]. Kwak S.I., Chang K. and Yoon Y.J. “Small spiral antenna for wideband capsule endoscope system” Electronics Letters cilt. 42 n. 23, 2006.
- [10]. Asili M., Green R., Seran S. ve Topsakal E., A Small Implantable Antenna for MedRadio and ISM Bands, IEEE Ant. And Wireless Propag. Lett., cilt. 11, s. 1682-1685, 2012,