

Halka Şeklinde Elektrik Alan Bağlaışık Rezonatörler ile Yüksek Kazançlı Quasi-Yagi Anten Tasarımı

Göksel Turan, Hayrettin Odabaşı
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Eskişehir
goksel_turan@outlook.com, hodabasi@ogu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada halka şeklinde elektrik alan bağlaışık rezonatör (HER) ile yüksek kazançlı bir quasi-Yagi anten tasarımı gösterilmiştir. 2.45 GHz bandında çalışan dar bantlı bir quasi-Yagi anten üzerinde geleneksel şerit yönlendirici elemanlar yerine HER hücre yapıları yönlendirici olarak kullanılıp kazanç artırımı sağlanmıştır. Ayrıca HER hücreli önerilen anten ile klasik şerit yapısına sahip dört yönlendiricili anten karşılaştırılmıştır. Referans quasi-Yagi anten ile karşılaştırıldığında 3.3-3.7 dBi, dört yönlendiricili anten ile karşılaştırıldığında 1.3-1.6 dBi kazanç artışı görülmüştür. Anten 2.4-2.65 GHz çalışma bandında ($S_{11} < -10$ dB) %89'dan fazla verimlilikle, 8.5 ile 9.3 dBi arasında kazanç sağlamıştır. Antenin tek elemanlı olarak oldukça yüksek kazançta sahip olması onu uzak mesafe iletişim uygulamalarında önemli bir aday yapar.

Abstract: In this study, a high-gain quasi-Yagi antenna design with a ring-shaped electric field coupled-resonator (RELC) is demonstrated. Instead of traditional strip director elements, RELC cells are used to increase the gain on a narrow band quasi-Yagi antenna operating at the 2.45 GHz band. Also, the proposed antenna with RELC unit cell was compared with the classical strip structure. Compared to the reference Quasi-Yagi antenna 3.3-3.7 dBi and the four-director antenna 1.3-1.6 dBi, gain enhancement is obtained. The antenna has achieved a gain between 8.5 and 9.3 dBi in the operating band ($S_{11} < -10$ dB) with a total efficiency higher than 89%. The fact that the antenna has a very high gain as a single element makes it an important candidate in long-range wireless communication applications.

1. Giriş

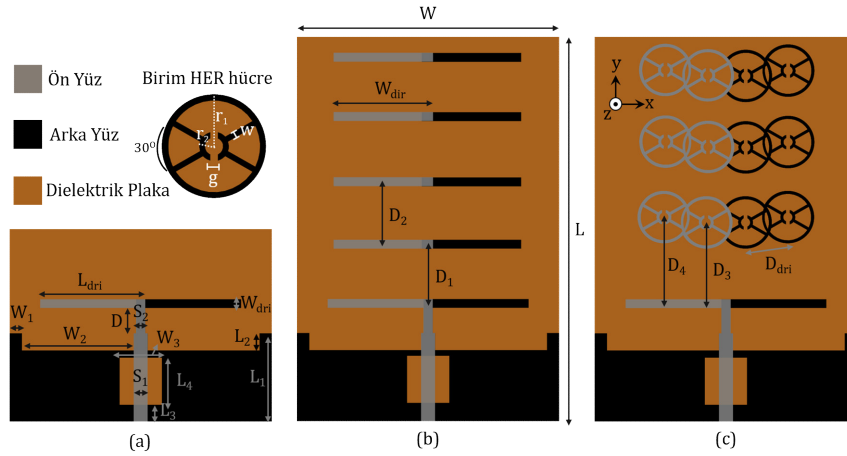
Kablosuz iletişim sistemlerinin en önemli amacı bir bilgiyi bir noktadan istenilen başka bir noktaya en az kayıpla ve en doğru formda aktarabilmektedir. Bu tür uygulamalarda yüksek kazançlı antenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek kazançlı antenlerin gerçekleştirilmesi antenin elektriksel boyutuyla orantılı olduğundan sistemde büyük alan kaplar. Basma (printed) antenler sahip oldukları tasarım esneklikleriyle mikrodalga devrelere uygulanabilir, kompakt boyutlara sahip yüksek kazançlı antenler oluşturmayı mümkün kılar [1]. Quasi-Yagi antenler sahip oldukları yüksek kazanç, verimlilik, yönlü ışınım (end-fire) ve geniş bant genişlikleriyle basma antenler arasında popülerliğini hep korumuştur. Quasi-Yagi anten ilk olarak Qian ve arkadaşları [2] tarafından sunulmuş, Deal ve arkadaşları ile Kaneda ve arkadaşları [3-4] tarafından temel özellikleri geliştirilmiştir. Sonrasında tasarım karmaşıklığını azaltmak için quasi-Yagi antenler için basit besleme yapısı önerilmiştir [5]. Son yıllarda, kolay modifiye edilebilirliği ve üretilebilirliği sayesinde yüksek kazançlı quasi-Yagi anten tasarlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle metamalzeme yapıları kullanılarak kazanç artışı elde edilmeye çalışılmıştır. Örneğin, Yeo ve Lee [6] referans antene çoklu yönlendiriciler ekleyerek 8 dBi ve üzeri kazanç elde etmiştir. Yine, Liu ve Zhuang [7] ile Zhu ve arkadaşları [8] sıfır kırılma indisli metamalzemeler kullanarak kazancı 2-3 dBi kadar arttırmıştır. Sun ve arkadaşları [9] ise klasik şerit yönlendirici yerine I-şekilli metamalzeme rezonatörlerle 2 dBi'a kadar kazanç artışı sağlanmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar klasik yönlendirici eleman ekleyerek elde edilen quasi-Yagi antenleri ile karşılaştırma yapılmamıştır, bu yüzden elde edilen antenin kazanç artırımını değerlendirmek zordur.

Bu çalışmada halka şekilli elektrik alan bağlaışık rezonatör (HER) metamalzeme yapıları kullanılarak yüksek kazançlı bir quasi-Yagi anten tasarımı sunulmuştur. HER hücreleri geleneksel elektrik alan bağlaışık rezonatörlerin [10] halka şeklinde modifiye edilmesiyle oluşturulmuştur. Tasarlanan HER yapıları ikili olarak birleştirilerek üç adet üst plaka üzerine üç adet de alt plaka üzerine yerleştirilmiştir. Yagi antenlerde klasik şerit yönlendiricilerle kazanç artırmak bilinen bir yöntemdir [11]. Bu çalışmada, HER hücreleri dar bantlı referans bir quasi-Yagi antenin elektrik alan ve manyetik alanıyla iyi derecede bağlaışım kuracak şekilde klasik şerit yönlendiriciler yerine yerleştirilerek 9.3 dBi'a kadar kazançta sahip anten elde edilmiştir. Şerit yönlendirici elemanlar eklenmesiyle elde edilecek kazanç ile metamalzeme eklenmesi arasındaki fark benzetim sonuçlarıyla

karşılaştırılarak belirtilmiştir. Antenin tek elemanlı olarak yüksek kazanç başarması, dizi şeklinde yüksek kazanç gerektiren anten uygulamalarda kullanılması için önemli bir seçenek olmasını sağlar.

2. Anten Tasarımı

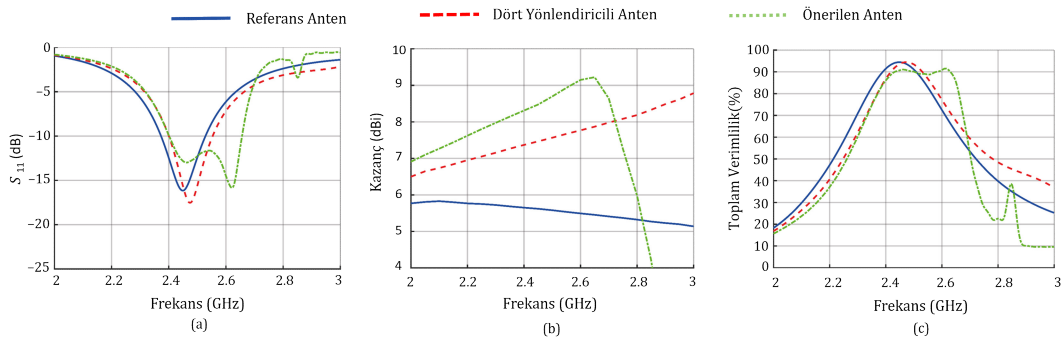
Şekil 1’de dar bantlı geleneksel referans, klasik dört yönlendiricili ve HER hücreli metamalzemelerin yönlendirici elemanlar olarak kullanıldığı önerilen anten gösterilmektedir. Şeklin altyazı kısmında mm cinsinden tasarım parametreleri verilmiştir. Antenler 1.524 mm kalınlığında, 3.38 dielektrik sabitli, 0.0023 kayıp tanjanthlı 62×90 mm ($0.51\lambda \times 0.75\lambda$) ROGERS RO4003c dielektrik plaka üzerine inşa edilmiştir. Quasi-Yagi anten temel olarak besleme hattı, sürücü, yönlendirici ve yansıtıcı elemandan oluşur [2-5]. Antende basit 50 ohm’luk besleme yapısı kullanılmıştır [5]. Dar bant elde etmek amacıyla antenin yansıtıcı elemanına yarıklar eklenmiştir. Antenlerde kararlı yayılım karakteristiği sağlamak için sürücü ve yönlendirici elemanların yarısı ön yüze yarısı arka yüze tasarlanmıştır. Şekil 1(b)’de önerilen antenle karşılaştırmak amacıyla dört yönlendiricili, klasik şerit yapıları anten tasarımı görülmektedir. HER hücreleri geleneksel elektrik alan bağlaşıklık rezonatörlerin [10] halka şeklinde modifiye edilmesiyle quasi-Yagi antenin elektrik alan ve manyetik alanlarıyla bağlaşıklık kurup maksimum kazanç elde etmesi amacıyla yönlendirici olarak dizi halinde yerleştirilmiştir (Şekil 1(c)).



Şekil 1. (a) Geleneksel dar bantlı quasi-Yagi anten ve HER birim hücre ($L_1=21$, $L_2=4.1$, $L_3=4$, $L_4=11.2$, $S_1=3.3$, $S_2=2.2$, $W_1=2.9$, $W_2=27$, $W_3=10$, $D=6$, $W_{dri}=2.1$, $L_{dri}=24.9$, $r_1=6.2$, $r_2=1.8$, $w=0.75$, $g=0.88$). (b) Klasik şerit yapıları dört yönlendiricili anten ($D_1=13$, $D_2=13.1$, $W_{dir}=21.1$). (c) Önerilen anten ($D_3=19.3$, $D_4=20.5$, $D_{dri}=10.1$). Tüm parametreler mm cinsindedir.

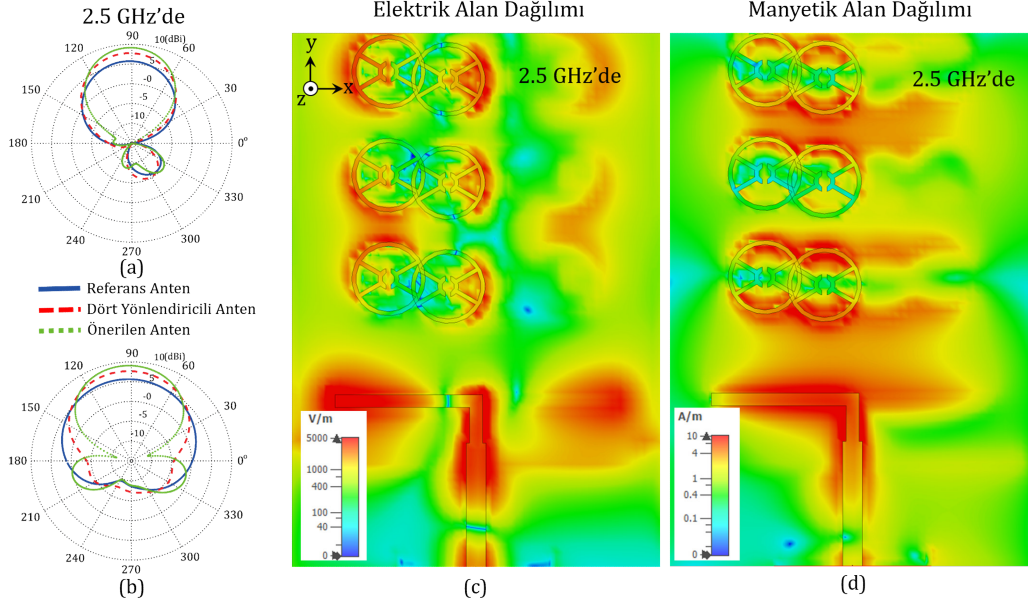
3. Tartışma ve Sonuçlar

Bu bölümde antenlerin benzetim sonuçları tartışılmıştır. Şekil 2’(a) antenlerin geri dönüş kaybı ($-S_{11}$) karşılaştırılmıştır. Geleneksel dar bantlı quasi-Yagi antene yönlendirici elemanlar eklenince üst frekanslara doğru küçük bir miktar kayma görülmüştür. Ayrıca önerilen antende dört yönlendiricili antene göre daha geniş bir bant aralığı elde edilmiştir. Önerilen anten 2.4-2.65 GHz aralığında ($S_{11} < -10$ dB) çalışmaktadır. Şekil 2(b)’de antenlerin kazanç karşılaştırmaları görülmektedir. Grafikten açıkça görülmektedir ki önerilen anten tek elemanlı olmasına rağmen 9.3 dBi’ya kadar oldukça yüksek bir kazanç göstermiştir ve referans antene göre 3.3-3.7 dBi, dört yönlendiricili antene göre de 1.3-1.6 dBi kazanç artışı sağlamıştır. Şekil 2(c)’de toplam verimlilik karşılaştırmaları gösterilmiştir. Antenler %89 ve üstü bir verimliliğe sahiptir.



Şekil 2. Antenlerin (a) geri dönüş kaybı ($-S_{11}$), (b) kazanç, ve (c) verimlilik karşılaştırmaları.

Şekil 3(a) ve (b)'de antenlerin sırasıyla E-düzlemi ve H düzleminde yayılım desenleri görülmektedir. Yönlendiricilerin eklenmesi geleneksel quasi-Yagi anten ile karşılaştırıldığında [5] ana ışın lobunda doğal olarak daralma meydana getirmiştir. Şekil 3(c) ve (d)'de sırasıyla 2.5 GHz'de önerilen anten üzerindeki elektrik alan ve manyetik alan dağılımları görülmektedir. Bu şekillerden eklenen HER hücrelerinin quasi-Yagi antenin elektrik ve manyetik alanlarıyla iyi seviyede bağlaşım kurduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 3. Antenlerin (a)E-düzleminde, (b) H-düzleminde yayılım desenleri. (c) Önerilen anten üzerindeki 2.5 GHz'de elektrik alan dağılımları, (d) manyetik alan dağılımları.

4. Bilgi ve Teşekkür

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından 202015017 hibe numarasıyla desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Guha Debatosh ve Antar Yahia MM(eds). *Microstrip and printed antennas: new trends, techniques and applications*. John Wiley & Sons, 2011.
- [2]. Qian Yongxi, Deal William R., Kaneda Noriaki ve Tatsuo Itoh. "Microstrip-fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics." *Electronics Letters* 34.23 (1998): 2194-2196.
- [3]. Deal William R., Kaneda Noriaki, Sor James, Qian Yongxi ve Tatsuo Itoh. "A new quasi-Yagi antenna for planar active antenna arrays." *IEEE transactions on Microwave Theory and Techniques* 48.6 (2000): 910-918.
- [4]. Deal William R., Kaneda Noriaki ve diğerleri. "A broadband planar quasi-Yagi antenna." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 50.8 (2002): 1158-1160.
- [5]. Zheng Guangjian, Kishk Ahmed ve Yakovlev Alexander B.. "Simplified feed for modified printed Yagi antenna." *Electronics Letters* 40.8 (2004): 464-46.
- [6]. Yeo Junho ve Lee Jong-Ig. "Broadband Flat Gain Enhancement of Planar Double-Dipole Quasi-Yagi Antenna Using Multiple Directors." *Progress In Electromagnetics Research* 65 (2016): 1-9..
- [7]. Yang Liu ve Zhuang Jian-Jun. "Compact quasi-Yagi antenna with enhanced bandwidth and stable high gain." *Electronics Letters* 56.5 (2020): 219-220.
- [8]. Zhu Jingtao, Lu Guhanghua, Zhang Jianlin ve Li Bo. "Gain enhancement for planar quasi-yagi antenna with zero-index metamaterial." *2016 IEEE International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT)*. Vol. 2. IEEE, 2016.
- [9]. Sun Y. H., Wen G.J., Jin H.Y., Wang P. ve Huang Y.J. "Gain enhancement for wide bandwidth endfire antenna with I-shaped resonator (ISR) structures." *Electronics letters* 49.12 (2013): 736-737.
- [10]. Schurig D., Mock J.J., ve Smith D.R. "Electric-field-coupled resonators for negative permittivity metamaterials." *Applied physics letters* 88.4 (2006): 041109.
- [11]. Vezibicke Peter P. *Yagi antenna design*. Cilt. 688. US Government Printing Office, 1976.