

Ka Bant Uydu-Yer Bağı Gönderme Anteni Tasarımı: Oluklu ve Halkalı Açıklık Anten

Hüseyin Guguoğlu, Abdulkadir Uzun*, Sezgi Yıkılmazçınar

ERA RF Technologies

*Sabancı Üniversitesi Elektronik Mühendisliği

İstanbul

huguoğlu@erarf.com, kadiru@erarf.com, syikilmazcinar@erarf.com.

Özet: Bu bildiri Ka bant uydu-yer bağı gönderme anteni olarak 17.2 GHz – 20.2 GHz frekans bandında çalışacak, dairesel polarizasyona sahip oluklu ve yedi halkalı açıklık anten tasarlanmış ve benzetim sonuçları sunulmuştur. Bu antenin sahip olduğu geniş huzme sayesinde alçak Dünya yörüngesinde görev yapacak uydularda yer ile direkt görüş hattını daha uzun süre sağlayacağı değerlendirilmektedir. Benzetim sonuçlarına göre anten huzme genişliği 120°, gerçekleştirilen sağ el dairesel polarize kazanç değeri 6-7 dBi aralığındadır.

Abstract: This paper presents a Ka band right hand circularly polarized corrugated choke ring downlink antenna operating between 17.2 GHz – 20.2 GHz frequency range. Proposed design is considered to maximize the in-contact time duration on Earth station and satellite link. The simulation results report that the beamwidth of the antenna is 120° and the realized RHCP gain is between 6-7 dBi in the operating frequency range.

1. Giriş

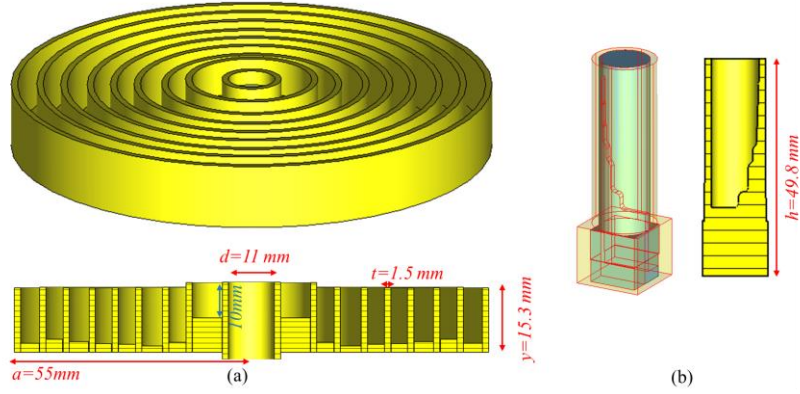
Uydu-yer bağı veri iletiminde kullanılan frekans bantları, sıklıkla kullanılan 4-6 GHz ve 11-14 GHz frekans bandından 17 GHz üzeri bantlara doğru gelişme göstermektedir [1]. Bunun temel sebepleri arasında Ka bantta, Ku banda kıyasla daha yüksek bant genişliğine erişilebilmesi, C ve Ku bantlarına göre sistem kapasitesinin daha yüksek olması ve yüksek veri iletim hızını desteklemesi sayılabilir [2]. Bu avantajları nedeni ile ulusal ve uluslararası güvenlik alanında uydu haberleşme sistemlerinde Ka bant kullanımı yaygınlaşmaktadır. Avantajlarına karşın Ka bantın kullanılmasının getirdiği en büyük olumsuzluk, haberleşme linkinin bu bantta elverişsiz hava koşullarından daha fazla etkilenmesidir. Bu etkenlere karşı çözüm olarak, bu bantta uydu-yer bağı birinden fazla yer istasyonu ile bağlantı kurarak, veri iletim hattının kırılma olasılığını azaltmaktır. Birden fazla yer istasyonu ile bağlantı kurmak için uydu gönderim anteninin huzme genişliğinin fazla olması gerekmektedir [3]. Huzme genişliği fazla olan anten kullanımının bir diğer önemli katkısı ise uydunun yörüngeye yerleşimi sırasında meydana gelen çeşitli rotasyonların, telemetri ve telekomut iletiminde kopukluğa sebep olmasının önüne geçmesidir.

Alçak Dünya yörüngesindeki (LEO) uydu sistemlerinde uydu ile yer bağlantı süresinin iyileştirilmesi için geniş huzmeli anten kullanımı avantaj sağlamaktadır. Huzme genişliğinin fazla olduğu ve uydu-yer veri bağına bu sayede daha uzun süre haberleşme sağladığı için oluklu ve halkalı açıklık antenler, uydu haberleşmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [4]-[6]. Uydu haberleşme sistemlerinde iyonosferde meydana gelen dalga kırılmalarına karşı işaretin güvenilirliğini ve kalitesini korumak amacı ile dairesel polarizasyon kullanılmaktadır. Bu nedenle, antenin beslemesini ve dairesel polarizasyonu sağlamak için dalga kılavuz beslemeli septum polarizör yapısı yaygın olarak kullanılmaktadır [7]-[8].

Bu nedenlerle, çalışma kapsamında uydu-yer bağı veri iletimini sağlamak için huzme genişliği yüksek bir anten çözümü olarak oluklu ve halkalı dairesel polarize bir açıklık anten ve septum polarizör bu çalışmada tasarlanmıştır.

2. Anten ve Septum Polarizör Tasarımı

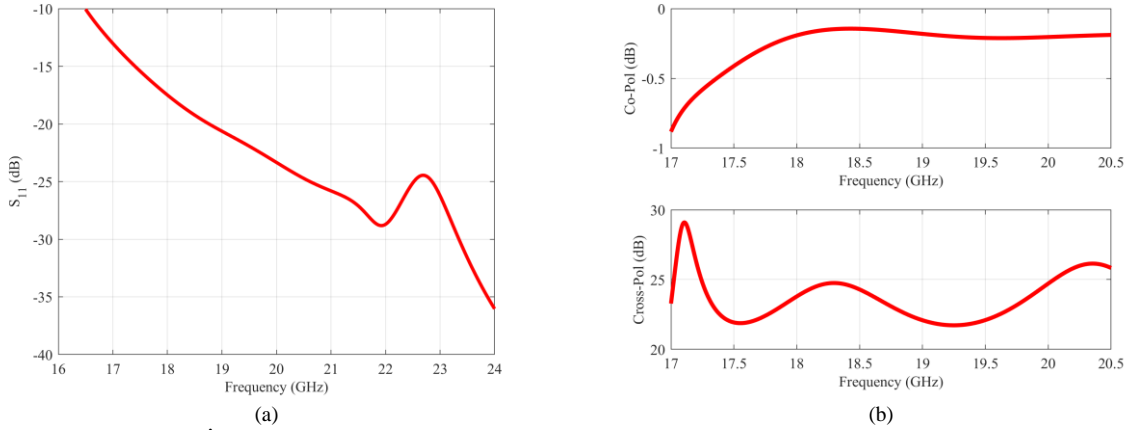
Uydu sistemlerinde kayıpları azaltmak için dalga kılavuzu ile besleme ve iletim tercih edilmektedir. Dairesel polarizasyon hedeflendiğinden, anten giriş dalga kılavuzu çıkışına eş bir dalga kılavuzu çıkışına sahip septum polarizör tasarlanmıştır. Ka bandında 17.2 GHz – 20.2 GHz arasında çalışması nedeni ile septum polarizörü girişi WR42 seçilmiştir. Tasarlanan anten Şekil 1a'da gösterilmiştir. Anten 1 adet oluk ve 7 adet halka boğucu yapısına sahiptir. Halka boğucuların her birinin çeper kalınlığı (t) 1.5 mm'dir. Koni anten çapı (d) 11 mm, toplam anten çapı (a) ise 55 mm'dir. Dış kenar yüksekliği (y) 15 mm'dir. Antenin septum polarizörlü besleme yapısı Şekil 1b'de gösterilmiştir. Bu yapının toplam yüksekliği (h) 49.58 mm'dir. Tasarlanan anten, Referans [9]'da önerilen antenden Ka bandında çalışması ve $\pm 60^\circ$ yükseliş açısı aralığının tamamında merkez frekansta 3 dB'den düşük ekstenel orana sahip olması ile ayrılmaktadır.



Şekil 1. Anten ve Septum Polarizör Tasarımı (a) Oluklu ve 7 Halkalı Anten (b) Dalga Kılavuz Septum Polarizör.

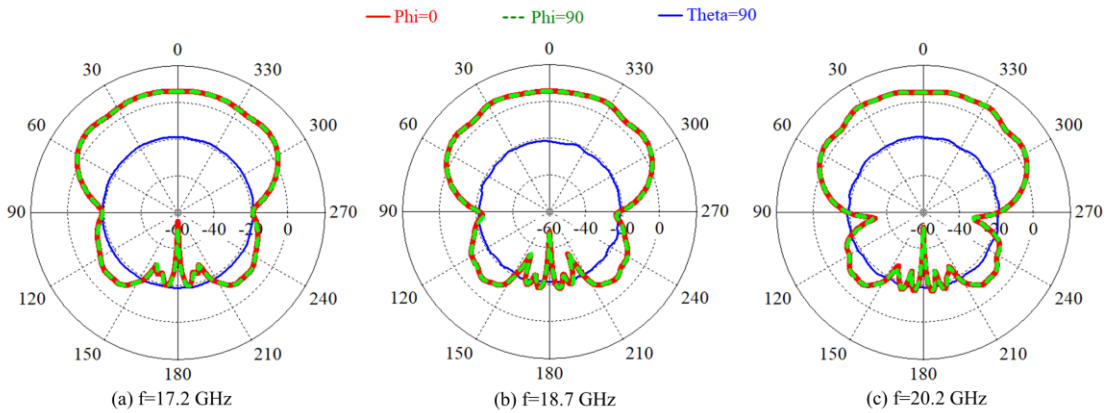
3. Bulgular

Tasarlanan oluklu ve yedi halkalı açıklık anten ve septum polarizör yapıları için benzetim sonuçları ayrı ayrı CST Studio Suite® yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antenin giriş portundaki yansımaya kaybı katsayısı (S_{11}) benzetim sonucu Şekil 2a'da verilmiştir. 17.2 GHz – 20.2 GHz frekans bandında antenin S_{11} değeri -10 dB'den daha düşüktür. Septum polarizörün ko-polarizasyon (Sağ El) ve çapraz polarizasyon (XPD) sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur. Septum polarizörün ilgili frekans bandında ko-polarizasyonu en düşük -0.6 dB iken en düşük çapraz polarizasyonu ise 21.7 dB'dir.



Şekil 2. Yansımaya ve İletim Kaybı (a) Antende S_{11} Değeri (b) Polarizörde Ko- ve Çapraz Polarizasyon Değerleri.

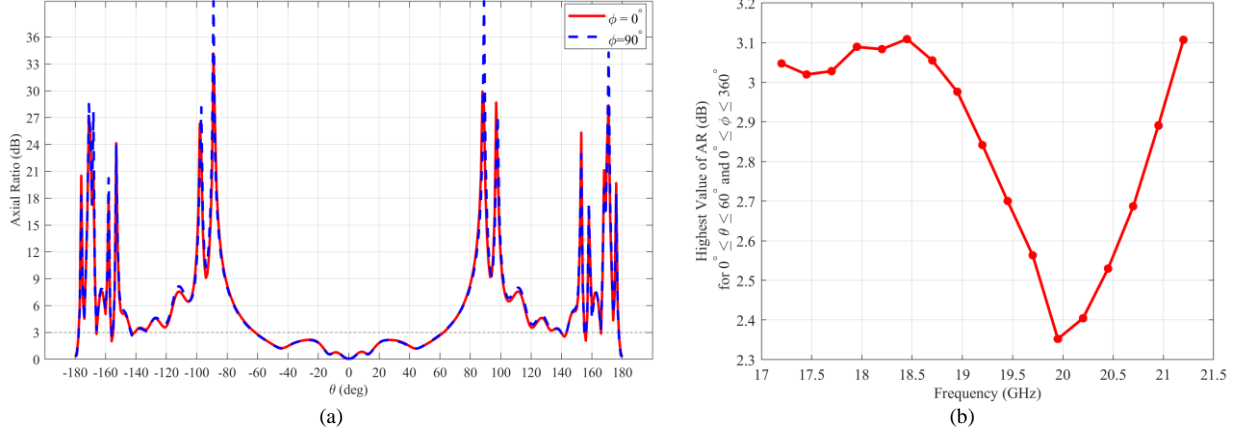
Benzetime göre gerçekleştirilen sağ el dairesel polarizasyon kazanç örüntüleri Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Gerçeklenen Sağ El Dairesel Polarizasyon Kazanç Örüntüsü Benzetim Sonuçları.

17.2 GHz, 18.7 GHz ve 20.2 GHz frekanslarında en yüksek sağ el dairesel polarizasyon kazançları (gerçeklenen) sırasıyla 6.37 dBi, 6.95 dBi ve 7.09 dBi'dir. Ana huzme genişliği ise 17.2 GHz – 20.2 GHz frekans bandında

$\pm 60^\circ$ arasındadır. Tasarlanan antenin ekselel oranı (axial ratio) 19.2 GHz (Ka bant merkez frekans) için Şekil 4a'da gösterilmiştir. Eksenel oran, simetri de dikkate alındığında yükselişte $\pm 60^\circ$ aralığında 3 dB'nin altındadır. Ayrıca, Şekil 4b'de gösterildiği üzere, ekselel oran 60° yükseliş açısına kadar ve tüm yanca açılarında 17.2 GHz – 21.2 GHz frekans bandında 3.11 dB'den düşüktür.



Şekil 4. Eksenel Oran: a) Merkez Frekansta $\phi=0^\circ$ ve $\phi=90^\circ$ kesitlerinde ekselel oran değerleri b) Farklı frekanslarda ekselel oranın $0 \leq \phi \leq 360$ ve $0 \leq \theta \leq 60$ için en yüksek değerleri

4. Sonuçlar

Bu bildiri Ka bandında 17.2 GHz - 20.2 GHz aralığında çalışan uydu-yer bağı gönderme anteni ve dairesel polarizasyon beslemesi için septum polarizör tasarlanmış ve benzetim sonuçları sunulmuştur. Tasarlanan antenin gerçekleştirilen kazancı 6-7 dBi, 3-dB huzme genişliği 120° 'dir. Anten sağ el dairesel polarizasyona sahiptir ve $\pm 60^\circ$ aralığında 3 dB'den daha düşük ekselel orana sahiptir. Bu antenin, geniş huzme ve sahip olduğu kazanç sebebi ile alçak Dünya yörüngesinde görev yapacak uydular için telemetri ve telekomut verilerinin aktarılmasında kullanımı öngörülmektedir. Sahip olunan geniş huzme ile bağlantı süresinin iyileştirilmesi mümkündür. İleri dönem çalışmalarında anten yapısı ile besleme yapısının entegre simülasyonu, üretimi ve ölçümü hedeflenmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, ERA RF Technologies'e bu çalışmaya verdikleri destek ve katkılar için teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] ECC, ECC REPORT 152 The Use of the Band 27.5-29.5 GHz by Satellite Networks, 2010.
- [2] D. Venugopal, C. Muthugadahalli, K. S. Mohanaveku, and K. Narayanan, "Ka band satellite communication systems—Applications and configurations," Proc. Int. Astron. Congr. (IAC), Kudüs, 2015, s.12-16.
- [3] S. Arora, P. V. Sitaraman, S. Reddy B., V. S. Kraanthi and C. Sriharsha, "Ka-Band Broad Beam Choke Horn Antenna for LEO Satellite Data Transceiver Application," 2019 IEEE Indian Conference on Antennas and Propagation (InCAP), Ahmedabad, Hindistan, 2019, s. 1-4, doi: 10.1109/InCAP47789.2019.9134580.
- [4] J. D. Vacchione, R. C. Kruid, A. Prata, L. M. Amaro, and A. P. Mittskus, "Telecommunications antennas for the Juno Mission to Jupiter," Proc. IEEE Aerosp. Conf., Mart 2012.
- [5] R. Ravanelli, C. Iannicelli, N. Baldecchi, and F. Franchini, "Multiobjective optimization of an isoflux antenna for LEO satellite downhandling link," Proc. 18th Int. Conf. Microw. Radar Wireless Commun. (MIKON'10), 14-16 Haziran 2010
- [6] N. Chahat, L. R. Amaro, J. Harrell, C. Wang, P. Estabrook and S. A. Butman, "X-Band Choke Ring Horn Telecom Antenna for Interference Mitigation on NASA's SWOT Mission," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 64, no. 6, s. 2075-2082, Haziran 2016, doi: 10.1109/TAP.2016.2546298.
- [7] D. Davis, O. J. Digiandomenico, J. A. Kempic, "A new type of circularly polarized antenna element", 1967 G-AP Symp. Dig., s. 26-33.
- [8] J. Kim, S. Yoon, E. Jung, J. W. Lee, T. K. Lee and W. K. Lee, "Triangular-shaped stepped septum polarizer for satellite communication," 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), Spokane, WA, ABD, 2011, s. 854-857, doi: 10.1109/APS.2011.5996409.
- [9] V. Akan, "Choke ring horn antenna design for satellite payload data transmitters," Microwave Optical and Technology Letters, vol. 63, no. 7, s. 1913–1919, 2021, doi: 10.1002/mop.32835AKAN1919.