

Yer Uydu Haberleşme Sisteminde Mikroşerit Dikdörtgensel Yama Anten Kullanılarak XBee İletişim Mesafesinin İyileştirilmesi

Mehmet Duman*, Emir Ertan, Seyit Ahmet Koç

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
*mehmetduman@düzce.edu.tr

Abstract – Bu projede, Digi Firması'na ait IEEE 802.15.4 internet protokolüne sahip olan ayrıca ZigBee ağ haberleşme sistemine uygun olarak geliştirilen ve 2.4 GHz frekansında çalışan XBee S2C cihazları kullanılmıştır. Yer uydu haberleşme sistemine entegre edilerek alıcı ve verici olarak çalışması beklenen XBee cihazlarının bulunduğu bölgede kapı, pencere, duvar gibi çeşitli engeller bulunmaktadır. İlgili ortamda XBee cihazlarının üzerindeki izotropik anten ile maksimum veri aktarım mesafesi ölçülmüştür. XBee modüllerinden birisi alıcı (receiver), diğeri de komut verici (coordinator) olarak tanımlanmıştır. Receiver olarak tanımlanan XBee modülüne konektör (SubMiniature version A - SMA) lehimlenmiş ve SMA bağlantısı ile 2.64 GHz çalışma frekansına sahip mikroşerit dikdörtgensel yama anten eklentisi dahil edilmiştir. XBee S2C modül cihazı üzerinde bulunan sabit izotropik anten ise bu ölçümler esnasında aynen bırakılmıştır. Nano VNA V2+4 ölçüm cihazı ile gerçekleştirilen ölçümlerde, bağlantısı yapılan mikroşerit dikdörtgensel yama antenin -17.5 dB S_{11} geri dönüş kaybı saçılma parametresine sahip olduğu anlaşılmıştır. Entegre antenin ışyan kısmı XBee koordinatörüne bakacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler neticesinde haberleşme uydularının yer istasyonları için en fazla veri aktarım mesafesinde yaklaşık %10 kadar bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış sonucunda azami mesafe 100 metreden yaklaşık 110 metreye yükselmiştir.

Keywords – ZigBee, akıllı sistemler, anten, en iyileme, uydu haberleşmesi

I. GİRİŞ

Wi-Fi, GSM, Bluetooth vb. kablosuz haberleşme uygulamaları günümüz teknolojisinde oldukça geniş bir yer kaplamaktadır [1]. Bu teknolojilerden biri de ZigBee iletişim protokolünden (802.15.4) yararlanan XBee cihazlarıdır. XCTU bilgisayar programı vasıtasıyla yapılandırılan XBee haberleşme cihazları akıllı ev sistemlerinde [2–3], yangın, deprem, sel gibi doğal afet durumlarında kullanılan sistemlerde [4–6], sıcaklık ve nem gibi bilgilerin aktarılmasında kullanılan projelerde [7] yer alabilir. Bu projede ise yer uydu haberleşme sistemi için kullanılmasında düşünülen alıcı ve verici modüller üzerinde durulmuştur.

XBee cihazları hızlı kapanıp açılabilme, uyku modunda kalarak gerekli olduğunda çalışır hale gelebilme, az enerji harcama gibi özelliklere sahip olmakla birlikte, haberleşme sağlayabildikleri mesafeler ile de gündemde kalabilmektedir [8]. Modellerine göre farklı iletişim mesafelerine sahip olan bu cihazların belirli geliştirmelerle veri transferi mesafesinin artırılması da mümkündür. ZigBee için bu geliştirme uygulamalarından biri de modül üzerine anten eklemek olarak verilebilir [9].

Bu çalışmada, XBee cihaz modülü üzerindeki SMA konektör için ayrılan bölüme önce SMA konektörü lehimlenmiş sonra da 2.64 GHz frekansında çalışabilen, Nano-VNA V2+4 ölçüm cihazı üzerinden yapılan ölçümlere göre -17.5 dB S_{11} geri dönüş kaybı saçılma parametresine sahip olan mikroşerit dikdörtgensel yama anten SMA bağlantısı sayesinde XBee cihazı ile bütünleştirilmiş ve akabinde testler yapılmıştır. XBee S2C modül cihazı üzerinde bulunan sabit izotropik anten ise bu ölçümler esnasında aynen bırakılmıştır.

II. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma, malzeme konusunda temel olarak anten ve ZigBee olarak iki ana maddeden oluşmaktadır. Anten, CST programında tasarlanmış ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. ZigBee cihazı olarak S2C modeline sahip olan XBee kullanılmıştır. Bu iki malzeme birbirine entegre edilerek testler gerçekleştirilmiştir. Birleştirme sırasında XBee üzerindeki fabrika çıkışlı diğer anten, üretilen yeni anten ile birlikte kullanılmıştır.

ZigBee haberleşmesi, haberleşme uydularının yerdeki sistemlerini birbirine bağlamak için kullanılabilecek yöntemlerden biri olarak önerilmektedir.

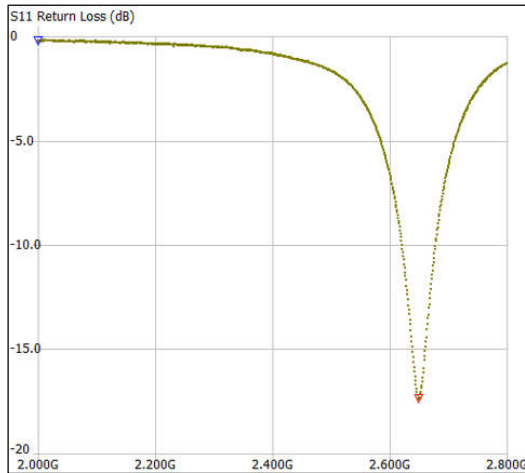
A. Mikroşerit Yama Anten

Mikroşerit yama anten; genellikle 3 katmandan oluşur. Bu katmanlardan en üstte bakırdan oluşan 0.035 mm kalınlığında iletken bir üst tabaka, aynı kalınlıkta olan ve çoğunlukla toprak katmanı olarak kullanılan bir alt kısım ve bunların arasında belirli bağıl dielektrik sabitine (≈ 4.3) sahip bir ara katman vardır. Üst tabakada toprak olarak kullanılabilecek bölgeler var ise içi altın kaplı delikler ile asıl toprak katmanı ile bağlantı sağlanarak toprak artırımı sağlanabilir.

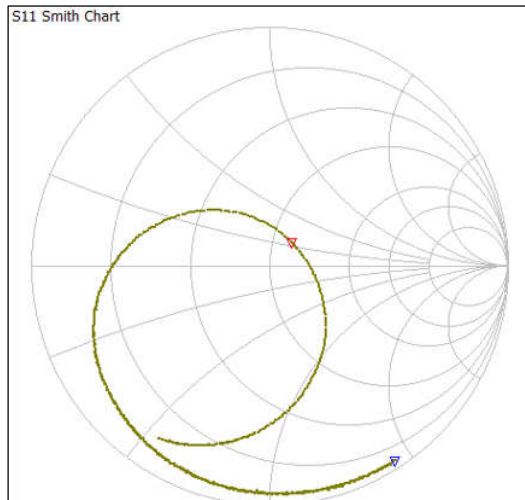
Üst yüzey olarak tabir edilen ve antenin ışınım bölgesinin yer aldığı kısımda bulunan iletken yama; bakırdan farklı olarak maliyet hesabına göre gümüş, altın gibi iletken malzemelerden de yapılabilir. Dikdörtgensel yama antenin ışınım yapacak olan bölümünün fiziksel şekli üreticinin istediği tasarıma göre değişiklik gösterebilir. Işınım bölgesinin her iki alana da uyarlanması mümkündür [10].

Tasarlanıp üretilecek olan mikroşerit dikdörtgenel yama antende, iletken yamanın SMA konnektörü üzerinden sinyal gönderilerek uyarılması sayesinde, yamanın kenarlarından toprak katmanına doğru elektromanyetik dalgalar oluşur. Toprak katmanından geri yansıyan veya ışılan dalgalar uzay boşluğuna yayılır. Bu yayılımdan meydana gelen dağılım olayına saçaklanma etkisi denir. Antenin ışması işte bu saçaklanma etkisine bağlıdır. Saçaklanma ayrı bir ışıma yaparak kaliteye pozitif yönde etki edebileceği gibi negatif yönde etki de edebilir. Bu durumda saçaklanmayı azaltıcı faktörler devreye sokulmalıdır [11].

Mikroşerit yama anteni düşük güç tüketimi, küçük boyutları, hafifliği ve ucuz maliyetli olmasından dolayı tercih edilmiştir. Kullanılan mikroşerit dikdörtgenel yama antenin S_{11} geri dönüş kaybı Şekil 1’de ve Smith Chart grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Bir anten için S_{11} değeri -10 dB veya altında olursa verimsel olarak iyi bir çalışma sergiler denilebilir [12]. Smith Chart grafiğinde ise orta nokta olan 50 Ω değerine yakınlık empedans uyumluluğu açısından doğru ön görülmektedir [13]. Bu projede 2.64 GHz çalışma frekansında $58.8+j11.9 \Omega$ empedans değerine ulaşılmıştır. Empedans uyumu açısından 50 Ω değerine yakınlık esaslıdır. Empedansı iyileştirmeye çalışırken diğer performans parametrelerinin istenen değerler dışına çıkmamasına dikkat edilmiştir [12–13].



Şekil 1. Mikroşerit yama antenin S_{11} geri dönüş kaybı



Şekil 2. Mikroşerit yama antenin Smith abağı

B. ZigBee – XBee Kablosuz Haberleşme Modülü

ZigBee, adını arıların zik-zaklı karmaşık hareket yapılarından alır. ZigBee cihazlarının en sık kullanılan modüllerinden biri olan XBee kartı üzerinde bulunan analog, sayısal pinler vasıtasıyla analog ve sayısal değerleri okunabilir. XBee, UART seri iletişim pinleri aracılığıyla başka kablosuz haberleşme cihazlarıyla haberleşebilir. Noktadan noktaya veya çok noktalı bağlantılar içerisinde haberleşmeyi desteklemektedir. Tablo 1’de ZigBee’nin diğer haberleşme protokolleri ile olan karşılaştırılması verilmiştir [14].

Tablo 1. ZigBee’nin diğer haberleşme protokolleri ile olan karşılaştırılması [14]

Standart	Bluetooth	UWB	ZigBee	Wi-Fi
İEE Protokolü	802.15.1	802.15.3a	802.15.4	802.11a/b/g
Frekans Bandı	2.4 GHz	3.1-10.6 GHz	868/915 MHz; 2.4 GHz	2.4 GHz; 5 GHz
Maksimum Sinyal Oranı	1 Mb/s	110 Mb/s	250 Kb/s	54 Mb/s
Nominal Mesafe	10 m	10 m	10-100 m	100m
Nominal TX Gücü	0-10 dBm	41.3 dBm/MHz	(25)0 dBm	15-20 dBm
RF Kanal Sayısı	79	(1-15)	1/10;16	14 (2.4 GHz)
Kanal Bant Genişliği	1 MHz	500 MHz-7.5 GHz	0.3/0.6 MHz; 2MHz	22 Mhz

Bu çalışmada komut verici ve alıcı olarak iki adet XBee S2C modülü kullanılmıştır. Veri aktarımı, test alanı içerisinde çeşitli engeller olan (duvar, kapı, cam, ağaç vb.) bir platformda gerçekleştirilmiştir. Bilgi sayfası verilerine göre kapalı alanda 60 metreye, açık alanda ise 1200 metreye kadar veri transferi uzaklığına erişilebilmektedir [15].

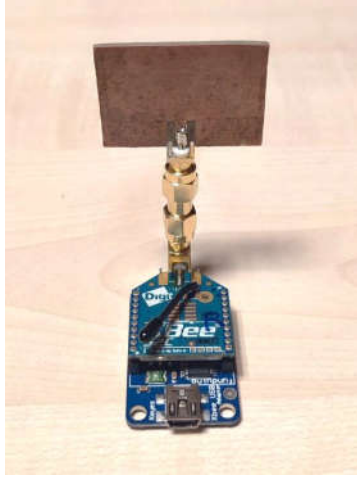
İlk ölçümler Şekil 3’te görüldüğü üzere XBee üzerindeki izotropik anten ile gerçekleştirilmiştir. İkinci ölçümler için Şekil 4’teki gibi XBee modül üzerine SMA konnektör lehimlenmiş ve SMA konnektör üzerine 2.64 GHz’te çalışan mikroşerit dikdörtgenel yama anten bağlantısı dahil edilmiştir.

Çalışmanın asıl amacı olan uydur haberleşmesi iletişim mesafesinin artırımı için koordinatör XBee ve alıcı XBee cihazının birbirlerine tam olarak bakması dolayısıyla alıcı XBee üzerine yeni eklenen antenden maksimum verim alınması hedeflenmiştir.

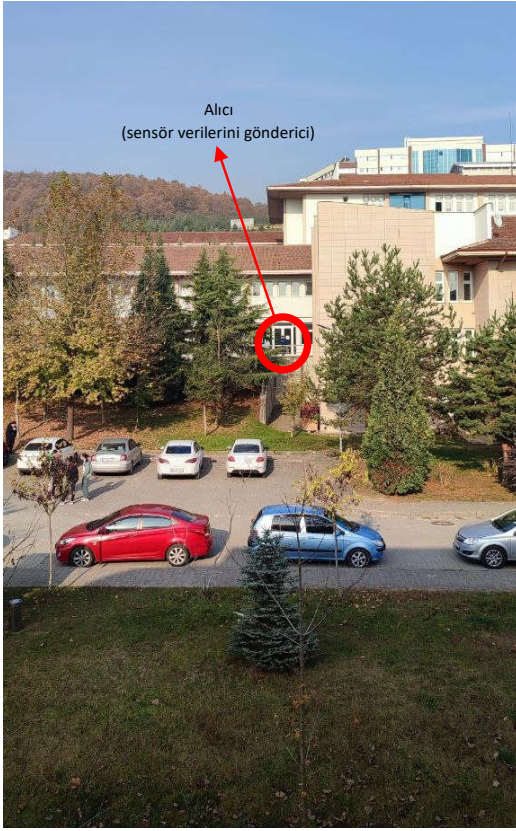
Deneyler Düzce Üniversitesi, Konuralp Kampüsü’nde açık ve kapalı alanlarda yapılmıştır. Koordinatör XBee bulunan devre Mühendislik Fakültesi binasının 4. katında bulunan laboratuvarın dış ortama doğru ve tam olarak alıcı (aynı zamanda sensör verilerini koordinatöre verici) XBee’ye doğru tutulmuştur. Laboratuvarın camları açıktır ve hava sıcaklığı ortalama 20 santigrat derece, hava durumu ise bulutsuzdur. Şekil 5’te ölçüm aşaması görüntüleri aktarılmıştır. İki XBee arasında sırasıyla laboratuvar, açık pencere, açık hava ortamı, ağaçlar ve otomobiller bulunmaktadır.



Şekil 3. XBee S2C



Şekil 4. Mikroşerit anten takılmış XBee



Şekil 5. Ölçüm aşaması görüntüleri

III. ÇIKARIMLAR

İçeriğinde sadece izotropik dahili anten bulunan ilk ölçümlerde yer uydu haberleşmesi için iki XBee arasındaki veri iletişim mesafesi yaklaşık 100 metre olarak ölçüldü. SMA bağlantısı dahil edilerek uygulanan mikroşerit dikdörtgenel yama antenli ölçümlerde XBee cihazlarının haberleşme mesafesinde %10 civarında bir artış gözlemlendi. Yapılan ölçümler sonucunda ulaşılan yeni veri aktarım mesafesinin en az 110 metre olduğu tespit edildi.

IV. TARTIŞMALAR

Antenin ışılan kısmı alıcıya bakacak şekilde ölçümler alınmıştır. Tüm ölçümler aynı koşullarda, aynı test kitiyle yapılmıştır.

Mikroşerit yama antenin yönlendiriciliğinin parabolik yansıtıcı anten vasıtasıyla artırılması dahilinde daha iyi sonuçlara ulaşılabilir. Aynı şekilde daha verimli bir anten kullanılarak verimde ve güçte artış sağlanabilir.

Anten empedansı tam 50Ω olarak ayarlanırsa ayrıca S_{11} geri dönüş kaybı değeri -20 dB altına çekilebilirse hem diğer elektromanyetik devre elemanları ile uyum sağlayabilen bir sisteme ulaşılmış olur hem de anten ölçüm şartlarına göre literatüre daha uygun bir organizasyon oluşturulur. Bu sayede; kayıplar azalır.

V. SONUÇ

Uydu haberleşmesinin yer uydu gözlem istasyonunda kullanılabilecek olan XBee veri aktarım sistemi için yapılan kontrollü ölçümler sonucunda, XBee S2C modülünün üzerine SMA bağlantısı ile mikroşerit yama anten gibi farklı antenler entegre edilerek veri iletişim mesafesinin artırılacağı görüldü.

VI. GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Antipodal Vivaldi veya sade Vivaldi anten ile yeni testler gerçekleştirilerek sistem performansındaki gelişmeler incelenebilir.

Haberleşme uydularına, uydu içindeki cihazların birbiri ile haberleşmesi için oluşturulan XBee veri aktarım sistemi kurulabilir.

Üçüncü bir XBee modülü sayesinde çoklu ağ oluşturularak daha uzak mesafelere erişim sağlanabilir. Bu durumda; orta noktada bulunan XBee yönlendirici (router) olarak kullanılmış olacaktır.

REFERENCES

- [1] T. S. Rappaport, *Wireless Communication: Principles and Practice*, 2nd ed., New Jersey, ABD, Prentice Hall, 2002.
- [2] M. A. Fadzilla, A. Harun, A. B. Shahrman, "Wireless Signal Propagation Study in an Experiment Building for Optimized Wireless Asset Tracking System Development," *International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA)*, 2018, pp. 1-5.
- [3] B. Alsinglawi, M. Elkhodr, Q. V. Nguyen, U. Gunawardana, A. Maeder, and S. Simoff, "RFID Localisation for Internet of Things Smart Homes: A Survey," *Int. J. Comput. Networks Commun.*, vol. 9, no. 1, pp. 81-99, 2017.
- [4] A. S. Abdulbaqi, A. A. Mosslah and R. H. Mahdi, "A Proposed System for Real-Time Early Warning for Building Fire Detection Based on Embedded XBee-PRO RF Modules with Data Accuracy Appropriation," *Journal of Information, Communication, and Intelligence Systems (JICIS)*, vol. 2, no. 2, pp. 2413-6999, June 2016.
- [5] R. Febriani, E. Susanti and E. Hesti, "Xbee pro module application in to organize and monitoring earthquake disaster location with the robot control system," *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 2018, pp. 651-655.

- [6] S. N. Sakib, T. Ane, N. Matin and M. S. Kaiser, "An intelligent flood monitoring system for Bangladesh using wireless sensor network," *5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, 2016, pp. 979-984, doi: 10.1109/ICIEV.2016.7760145.
- [7] A. Emge, I. Afrianto and S. Atin, "Temperature and Humidity Monitoring System using Wireless Based Xbee on Hydroponic Plants," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 879 012097.
- [8] J. A. Titus, *The Hands on Xbee Lab Manual: Experiments that Teach you XBEE Wireless Communication*, 1st ed., Oxford, UK, Newnes, 2012.
- [9] H. Haryanto, K. Rohman, D. Rahmawati and L. Anifah, "Performance of 2.4 GHz Xbee for Digital Image Transmission with Yagi Antenna," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1569, 032083, 2020.
- [10] M. Duman, A.O. Salman, "Antipodal Vivaldi Antenna for Passive Imaging Technology in Ka Frequency Band," *Sakarya University Journal of Science*, vol. 22, no.4, pp. 1130–1134, 2018.
- [11] Ö. T. Küçükşarı, S. Çimen, G. Çakır, "Effect of the Different End Shapes on the Gain Flatness of the Antipodal Vivaldi Antenna," *10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, ppId:417, 2017.
- [12] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., In John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, ABD, 2005.
- [13] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., John Wiley&Sons, Inc., New Jersey, ABD, 2011.
- [14] J. S. Lee, Y. W. Su and C. C. Shen, "A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi," *IECON 2007 – 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2007, pp. 46–51.
- [15] Digi, Xbee S2C Datasheet. [Online]. Available: https://www.digi.com/resources/library/data-sheets/ds_xbee-s2c-802-15-4