

Tasarlanan akıllı telemetri kontrol algoritmasının incelenmesi

On the investigation of a designed smart telemetry control algorithm

Emre Manır¹, Said Mahmut Çınar²

¹ FBE, Yenilenebilir Enerji Sistemleri ABD
Afyon Kocatepe Üniversitesi
emremanir@gmail.com

²Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
Afyon Kocatepe Üniversitesi
smcinar@aku.edu.tr

Özet

Telemetri sistemleri, bir sürecin veya sistemin uzaktan kablolu veya kablosuz olarak izlenmesi ya da kontrol edilmesinde kullanılır. Telemetri sistemleri elektrik, doğal gaz, su vb. sayaçlarının uzaktan okunması, uzaktan sağlık izleme, yaban hayvanlarının izlenmesi, araç takip, boru hatlarının izlenmesi gibi çok yaygın kullanım alanlarına sahiptir. Telemetri sistemlerinde kablosuz haberleşme kullanılması durumunda RF, GSM, GPRS ve GPS gibi haberleşme teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada RF tabanlı telemetri sistemlerinde veri kaybını önlemeye yönelik bir kontrol algoritması tasarlanmıştır. Tasarlanan algoritmada, RF haberleşmenin kısmen veya tamamen bloke olması durumunda, farklı bir taşıma frekansına otomatik geçiş yapabilen bir frekans tarama süreci yer almaktadır. Söz konusu algoritmayı deneyebilmek için RF modemler üzerinden haberleşen mikro denetleyici tabanlı bir test platformu gerçekleştirilmiştir. Algoritma tasarlanan senaryo kapsamında platform üzerinde gerçekleştirilen deneylerle laboratuvar ortamında test edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar, haberleşmenin bloke olduğu durumlarda tasarlanan algoritmanın taşıma frekansını kaydırmak suretiyle haberleşmenin sürekliliğini temin edebildiğini göstermiştir.

Abstract

Telemetry are used to remotely control or monitor a system as wired or wireless. Telemetry systems has very widespread use such as remote reading of electricity, gas, water meters, remote health monitoring, monitoring of wild animals, vehicle tracking, and monitoring of pipelines etc. if the telemetry system is designed wireless, RF, GSM, GPRS or GPS communication techniques are used. In this study, a control algorithm is designed to prevent data loss for RF based telemetry system. In the designed algorithm, in case of RF communications a partial or complete blockage, there is an automatic frequency scanning process that can switch to a different carrier frequency. A micro-controller-based test platform designed to test the algorithm is carried out and RF modems are used in the test platform. The algorithm is tested

with experiments carried out on the test platform under designed scenario and laboratory environment. The results obtained from the experiments are showed that the continuity of communication can be provided by shifting the carrier frequency in case of blockade of communication.

1. Giriş

Bir sistem ya da tesisin uzaktan kablolu ve kablosuz olarak izlenmesine telemetri sistemi denilmektedir. Ancak günümüzde telemetri denilince genellikle kablosuz haberleşme anlaşılmaktadır. Kablosuz haberleşmede en yoğun kullanılan sistemler; radyo frekansı (RF), mobil telefon (Global System for Mobile Communications-GSM) ve mobil telefon ile veri aktarımı (General Packet Radio Service-GPRS) olarak sayılabilmektedir. Telemetri pek çok uygulama alanına sahiptir. Başlıca uygulama alanları; elektrik, doğal gaz vb. sayaçlarının uzaktan okunması, uzaktan sağlık izleme, yaban hayvanlarını izleme, araç takip, petrol, gaz, su boru hatlarının izlenmesi, sıvı tanklarının seviyesinin izlenmesi, içme suyu, göl veya atık su tesislerinin izlenmesi gibi durumlarda kullanılmaktadır. Aşağıda telemetri sistemlerinin kullanım alanlarıyla ilgili literatürde yapılmış çalışmaların kısa bir özeti verilmektedir.

Fathirad vd. çalışmalarında elektrikle çalışan bir araç için telemetri sistemi tasarlamıştır. Tasarladıkları telemetri sistemi elektrikli araç hakkında verileri GPRS ile yer istasyonunda bulunan telemetri ünitesine iletmıştır. Yer istasyonunda bulunan bilgisayarda ara yüz programıyla bilgileri görüntülemişlerdir [1]. Duchrow vd. gerçekleştirdikleri çalışmalarında araç filolarının izlenmesi amacıyla telemetri sistemi kullanmıştır. Telemetri sisteminde haberleşmeyi GPRS ile sağlamışlardır. Telemetri sistemiyle araçlar hakkında bilgiler toplanarak bilgisayara aktarılmıştır [2]. Larrauri vd. ise havai hatların insansız hava aracıyla kontrolünü gerçekleştirebilmek için telemetri sistemini kullanmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları telemetri sisteminde hava aracının çektiği görüntüler yer istasyonuna iletilmektedir [3]. Altomose vd. çalışmalarında Li-Ion batarya için telemetri sistemi kullanılmışlardır. Telemetri sistemi

sayesinde batarya yönetim sisteminde verim artışı sağlamışlardır [4]. Durmuş vd. yaptıkları çalışmada Şanlıurfa'da yaşayan ceylanların boynuna GPS'li tasma takarak habitat seçimleri ve yaşam alanı büyüklükleri belirlenmiştir [5]. Ustun vd. yaptıkları çalışmada güneş enerjisiyle çalışan araçlarının akım gerilim, akülerin doluluk oranını hem araç sürücüsüne hem de yer istasyonunda bulunan bilgisayara aktarabilmek için telemetri sistemi kullanmışlardır. Telemetri sistemi sayesinde araç bilgilerinin bilinmesiyle yeni sürüş senaryoları oluşturulabilmiştir [6]. Thums vd. yaptıkları çalışmada deniz kaplumbağası yavrularını takibi için telemetri sistemi kullanmışlardır [7]. Tucker yaptığı çalışmada Karetta karelerinin takibinde telemetri sistemi kullanmıştır. Telemetrinin haberleşmesini uydu üzerinden gerçekleştirmiştir [8]. Çıbuk çalışmasında biyo-telemetri sistemi geliştirmiştir. Çalışmasında hasta takibini telemetri sistemini kullanarak gerçekleştirmiştir [9].

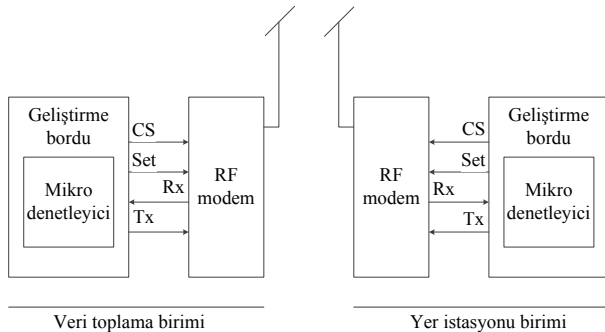
Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan telemetri sistemleri için akıllı bir işletim algoritması tasarımı gerçekleştirilmiş ve algoritmanın denenebilmesi için RF modemler içeren bir telemetri test platformu oluşturulmuştur. Bu test platformu kullanılarak tasarlanan telemetri algoritmasının yenilikçi özellikleri test edilmiştir. Aşağıda metot kısmında söz konusu telemetri test platformu ve tasarımı gerçekleştirilen telemetri işletim algoritması ayrıntılarıyla sunulmuş, ardından test senaryoları ve testlerden elde edilen verilmiştir.

2. Telemetri sisteminin tasarımı

Bu bölümde telemetri sistemi test platformu ve telemetri kontrol algoritmasına ilişkin ayrıntılı bilgilere verilmektedir. İlk olarak test platformu başlığı altında telemetri sisteminin donanım ve yazılım bileşenleri ayrıntılı olarak verilmektedir. Ardından telemetri kontrol algoritması başlığı altında tasarımı gerçekleştirilen algoritma akış şemalarıyla birlikte detaylandırılmıştır.

2.1. Telemetri test platformu

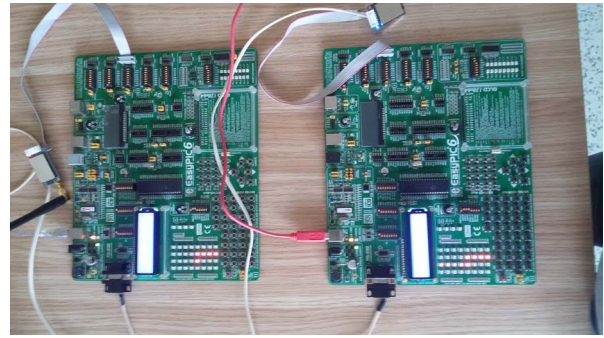
Telemetri algortimalarını test etmekte kullanılmak üzere mikro denetleyici tabanlı bir test platformu gerçekleştirilmiştir. Test platformu veri toplama ve yer istasyonu olmak üzere iki ayrı ünitenden oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1: Telemetri test platformu blok şeması

Platformda NiceRF firmasının SNR611 model RF modemleri ve EASYPIC firmasının EasyPIC6 geliştirme kartları kullanılmıştır. RF modemler, RS232 seri haberleşme terminali ve sayısal çıkış pinleri üzerinden geliştirme kartına bağlanmıştır.

Geliştirme kartında modemleri kontrol etmek ve algoritmaları işletilebilmek için PC16F877A 8bit mikro denetleyicisi tercih edilmiştir. Ayrıca algoritmaların işletilmesi sırasında gerekli mesajları görüntüleyebilmek için geliştirme bordu üzerinde bulunan 16x2 karakter LCD donanımı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan RF modülleri veri gönderme veya alma modunda işletilmekte ve 100mW gönderme gücüne sahiptir. RF modemlerin taşıma frekansı 433/470/868/915MHz temel frekans bandlarına ayarlanabilmektedir. Ayrıca modüllerin taşıma frekansı, temel frekansın etrafında 1 MHz aralıklarla 40 farklı kanala kaydırılabilmektedir (Örneğin 433MHz taşıma frekansı için 414,92 ile 453,92MHz arasında 40 farklı kanal). Kullanılan RF modemlerde haberleşme güvenliğini artırmak için 4 bayt net ID, 2 bayt node ID tanımlamaları da yapılabilmektedir. Bundan başka RF haberleşme ve seri haberleşme hızları da 1200 ile 115200bps aralığında değiştirilebilmektedir. Aşağıda geliştirme kartları ve RF modemleriyle oluşturulmuş test platformunun görüntüsü verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Test platformu görüntüsü

Telemetri sisteminin tasarımında kullanılan RF modemler RS232 seri haberleşme terminali üzerinden mikro denetleyiciyle haberleşmekte olup Reset, uyku, çalışma ve ayar olmak üzere dört temel çalışma modunda işletilebilmektedir. Çalışma modları arasında geçişler modem üzerinde bulunan CS ve SET kontrol girişleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Aşağıda CS ve SET kontrol girişlerinin lojik seviyelerine göre çalışma modlarının seçimini gösteren tablo verilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma modu seçme tablosu

Mod	Uyku	Çalışma	Ayar
CS	0	1	1
SET	X	1	0

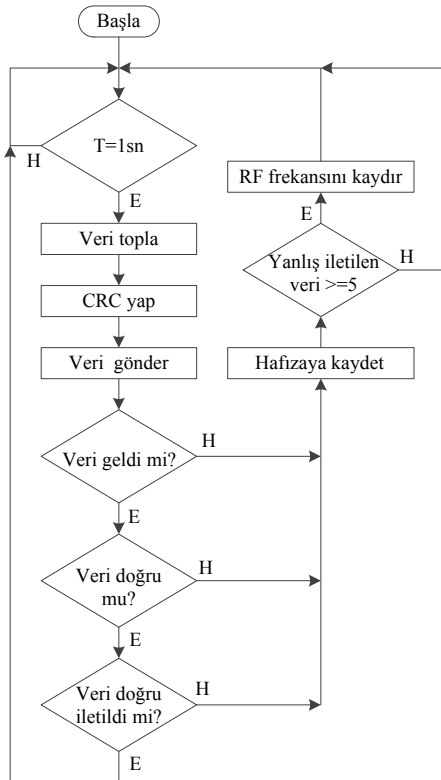
Telemetri sistemi işletilirken RM modem çalışma modunda kullanılmakla birlikte yapılandırma ayarlarının sorgulanması veya değiştirilmesi gerektiğinde ayar moduna geçiş yapılması gerekmektedir. Aşağıda ayrıntıları anlatılacak olan algoritma içinde RF modem ayar moduna alınıp tekrar çalışma

moduna döndürülmesi işlemleri mikro denetleyici tarafından gerçekleştirilmektedir. Ayrıca RF modem yapılandırma ayarları üretici firmanın yapılandırma arayüz programı kullanılarak da gerçekleştirilebilmektedir.

Test platformunda RF modemleri kontrol etmekte kullanılan mikro denetleyicileri programlamak için CCS C derleyicisi kullanılmıştır. RF modemleri kontrol etmekte mikro denetleyicinin seri port veri alma ve zamanlayıcı kesmesi gibi donanım kaynaklarının kullanımına özen gösterilmiştir. Bu sayede mikro denetleyicide işletilen programın çalışma veriminin artırılması hedeflenmiştir. RF modemden mikro denetleyiciye bir veri gönderildiğinde seri port veri alma kesmesi aktif olmakta ve veriler güvenli biçimde gelen veri dizisine aktarılmaktadır. Zamanlayıcı kesmesi ise bir saniyede bir veri gönderme sürecini işletmekte kullanılmaktadır.

2.2. Telemetri kontrol algoritması

Telemetri kontrol algoritması bu çalışmaya için özgün olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan algoritmada, toplanan verilerin kayba uğramadan yer istasyonuna iletiminin sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda verilerin yer istasyonuna ulaşmış olup olmadığı, ulaştı ise doğru biçimde alınıp alınmadığının kontrolü karşılıklı el sıkışma (hand-shake) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Aşağıda tasarlanan telemetri kontrol algoritmasının resmeden akış şeması verilmektedir (Şekil 3).



Şekil 4: Telemetri kontrol algoritması akış şeması

Algoritmada ilk olarak veri toplama süreci işletilmektedir. Bu veriler, RF modem yapılandırma parametreleri (Gönderme ve alma frekansı, kanalı ve hızı ile gönderme gücü olmak üzere toplam 7Byte), AN0 analog giriş verisi (10bit/2Byte) ve PORTD dijital verisi (8bit/1Byte) olarak toplamda 9Byte şeklinde sıralanabilmektedir. Ardından toplanan bu 9Byte veri üzerine 1Byte CRC (Cyclic Redundancy Check) kodu eklenerek 10Byte veri paketi oluşturulmaktadır. CRC kodu alıcı tarafta verilerin doğru gelip gelmediğini kontrolünü gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Bu işlemin ardından paketlenen 10Byte veri RF modeme seri port üzerinden yazılmakta ve modem yazılan veriyi RF üzerinden alıcı modeme iletmektedir.

Veri gönderme işlemi bittikten sonra algoritma karşı taraftan (yer istasyonu) gelen veriyi beklemektedir. Karşı taraftan gelen veri, gönderilen verinin yer istasyonuna doğru ulaşmış olup olmadığıyla ilgili bilginin yanı sıra yer istasyonu RF modeme ait yapılandırma parametrelerini de içermektedir. Veri geldiğinde öncelikle gelen verinin doğruluğu CRC kodu üzerinden gerçekleştirilmektedir.

Eğer verilerde bozulma yoksa verinin yer istasyonuna doğru ulaşmış olup olmadığı kontrol edilmektedir. Gönderilen veri yer istasyonuna doğru biçimde iletildi ise bir sonraki veri toplama süreci için veri toplama çevrim zamanının dolması beklenmektedir.

Gelen veri üzerinde yapılan CRC kontrolünde verilerde bozulma tespit edildi ise bu durum RF haberleşme ortamında problem olduğu anlamında gelmektedir. Bu durumda veri hafızaya kaydedilmekte sonrasında RF modem kontrolü yapılmaktadır. RF modem çalışıyorsa taşıyıcı frekansına yakın bir frekansta bozucu sinyal olduğu ve haberleşmeyi olumsuz etkilediği anlamında gelmektedir. Bu problemi aşabilmek için taşıma frekansının sonraki kanala kaydırılma işlemi gerçekleştirilmektedir. Algoritmanın bu özelliği sayesinde taşıma frekansı boş bir banda kaydırılabilmektedir.

Gelen veride bozulma yok fakat veri karşı tarafa doğru iletildi ise söz konusu veri paketi hafızaya kaydedilmekte ve eğer doğru iletilemeyen veri paketi sayısı beşe eşitse haberleşmede sorun olduğuna karar verilmekte ve taşıma frekansı bir sonraki kanala kaydırılmaktadır. Aşağıda RF frekans kaydırma süreç başlığı altında söz konusu frekans kaydırma algoritmasının ayrıntıları verilmektedir.

2.2.1. RF frekans kaydırma süreci

Telemetri sistemi için oluşturulan frekans kaydırma algoritması altı adımda işletilmektedir. Telemetri sistemi bu çalışma için 433MHz merkez taşıma frekansında başlatılmaktadır. Haberleşmenin kesintiye uğraması durumunda taşıma frekansı ilk olarak merkez frekanstan ayarlanan adım miktarı kadar ileriye taşınmakta ve haberleşmenin devamı sağlanmaktadır. Bu çalışma için kanal adım miktarı 5MHz olarak ayarlanmıştır. Taşıma frekansının bir adım ileriye taşınmasının ardından iletişim sağlanamadı veya bir süre sonra iletişim kesintiye uğradıysa taşıma frekansı son ayarlanan değerinden bir adım daha ileriye kaydırılmaktadır. Bu kaydırma işlemi sonrasında da bir önceki adımda karşılaşılan haberleşme durumu ortaya çıkıyorsa

merkez taşıyıcı frekansı olan 433MHz değerine kaydırılmaktadır.

Merkez taşıma frekansına kaydırılan telemetri sisteminde haberleşme tekrar kesintiye uğraması durumunda bu kez taşıma frekansı adım miktarı kadar geriye kaydırılmaktadır. Benzer şekilde haberleşme kesilirse taşıma frekansı adım miktarı kadar geriye kaydırılmaktadır. Son olarak ayarlanan taşıma frekansında haberleşmede sorun olması durumunda taşıma frekansı tekrar merkez frekansına kaydırılmaktadır.

Görüldüğü gibi frekans kaydırma işlemi merkez taşıma frekansı etrafında bir tarama şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu sayede frekans kaydırma işleminin taşıma frekansını merkez frekansının çok uzağına kaydırmasının da önüne geçilmiştir.

Yer istasyonu veya veri toplama birimlerine ait RF modemlerinde taşıma frekansı kaydırıldığında karşı taraftaki modemde bir sonraki çevrimde frekansını kaydırmakta ve böylece her iki modem de aynı taşıma frekansında çalışması temin edilebilmektedir. Burada frekansını ilk kaydıran modem tekrar frekans kaydırma sürecini işletmek için iki çevrim beklemekte böylece modem sürekli frekans kaydırmasının önüne geçilmiş olmaktadır.

3. Bulgular

3.1. Test senaryoları

Gerçekleştirilen telemetri sistemi ve kontrol algoritmasını test etmek için bu çalışmaya özel bir test senaryosu tasarlanmıştır. Bu senaryo kapsamında telemetri sisteminde kullanılan RF modemler yapılandırma ayarları sayesinde 5dBm gönderme gücünde ve 433 MHz taşıma frekansında çalıştırılmıştır. Ayrıca algoritmadaki frekans kaydırma sürecini test edebilmek için telemetri haberleşme ortamını bloke etmek üzere 433 MHz frekansında ve 11dBm gönderme gücünde bir RF modem kullanılmıştır. Ayrıca tüm testler laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu senaryoda gerçekleştirilen testlerde telemetri sistemi 433 MHz taşıma frekansıyla başlatılmaktadır. Sistem çalışmaya başladıktan bir süre sonra haberleşmeyi bloke edecek olan 11 dBm gücünde yayın yapan RF modem devreye alınarak haberleşmenin kesilmesi sağlanmaktadır. Haberleşme bloke edildikten sonra gönderilemeyen veri sayısının beşe ulaşması beklenmekte ve ardından frekans kaydırma süreci işletilmektedir.

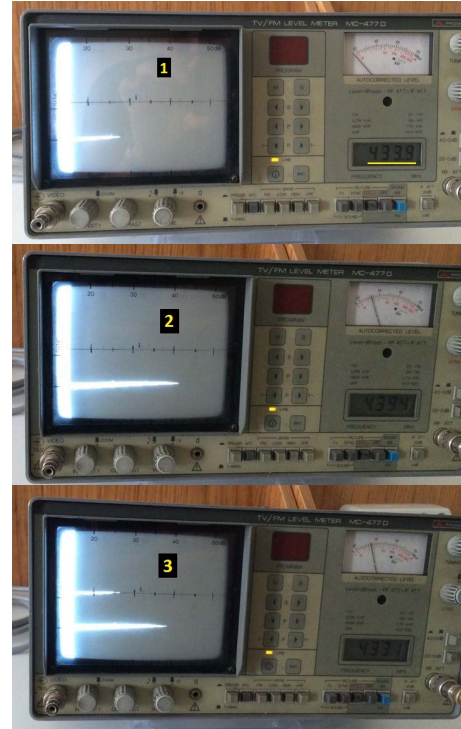
Böylece frekans kaydırma algoritmasının basitçe test edilmesi temin edilebilmiştir. Bu çalışmada altı adımdan oluşan frekans kaydırma algoritmasının ilk adımı test edilebilmiştir. Bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmakla birlikte haberleşme ortamını bloke etmek üzere yayın yapan modem farklı frekansta yayın yapabilecek duruma getirilmesi sağlandığı takdirde frekans kaydırma sürecinin diğer adımları da test edilebilecektir.

3.2. Deneysel bulguları

Oluşturulan test senaryosuna göre deney platformu üzerinde telemetri sistemi 433MHz taşıma frekansıyla çalışmaya başlatılmıştır. Ayrıca deney sonuçlarını gözlemlemek amacıyla kullanılan Promax MC-4770 spektrum analizörü kullanılmıştır. Şekil 5'te bulunan bir numaralı görselde telemetri sisteminin 433MHz taşıma frekansında çalıştığı görülmektedir. Spektrum ekranında görülen darbenin genliği 5dBm değerinde olduğu da ölçülebilmektedir.

Şekil 5'te verilen iki numaralı görselde ise telemetri sistemiyle aynı frekansta yayın yapan RF modem 11dBm genlikli bozucu etkisi görülmektedir. Bozucu etki olarak kullanılan RF modem özellikle telemetri sistemi modemlerinden daha yüksek gücünde yayın yapacak şekilde ayarlanmıştır. Söz konusu telemetri haberleşmesini bloke eden RF modem devreye alındıktan bir süre sonra haberleşme kesintiye uğramış ve algoritmada yer alan frekans kaydırma süreci işletilmiştir.

Şekil 5'te verilen üç numaralı görselde bozucu etki oluşturan RF modem ve telemetri sistemine ait RF modemlerin yayınlarının ayrı frekanslarda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla üç numaralı görsel frekans kaydırma işleminin başarıyla gerçekleştirildiğinin göstergesi durumundadır.



Şekil 5: Frekans kaydırma işlemi için RF spektrum görüntüleri

Telemetri sistemi taşıma frekansı, frekans kaydırma işleminin bir defa çalışmasından sonra haberleşmeyi bloke edici RF modem yayınının 5MHz ilerisi olan 438MHz değerine ayarlanmış ve telemetri sistemi haberleşmesini bu frekansta sorunsuz sürdürebilmiştir. Frekans kaydırma algoritmasının sonraki beş adımının testi de benzer şekilde gerçekleştirilebilir. Bu çalışma kapsamında bozucu etki

uygulayan RF modemın farklı frekans değerine ayarlanmasının önündeki bir takım teknik engeller sebebiyle söz konusu beş adımın testi bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada akıllı bir telemetri kontrol algoritması tasarlanmış ve algoritmanın denenebilmesi için mikro denetleyici tabanlı bir test platformu gerçekleştirilmiştir. Test platformunda veri toplama ve yer istasyonu olmak üzere iki ünite yer almakta olup 100mW gücünde RF modemler kullanılmıştır. Tasarlanan algoritmada veri toplama istasyonunda toplanan verilerin kayba uğramadan yer istasyonuna ulaştırılabilmesi için akıllı stratejiler uygulanmıştır. Sonuç olarak RF modemle iletişimde ortaya çıkabilecek haberleşme kesintilerinin üstesinden gelebilecek ve veri kaybını ortadan kaldıracak bir algoritma tasarlanmıştır. Tasarlanan algoritmayı test edebilmek için bir senaryo oluşturulmuş ve buna göre telemetri sistemi test edilmiştir.

Gerçekleştirilen testlerde tasarlanan algoritmada yer alan ve algoritmanın yenilikçi yönünü oluşturan frekans kaydırma sürecinin, haberleşme bloke olması durumunda devreye girerek haberleşmenin kaydırılan yeni frekansta devam etmesini temin ettiği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tasarlanan algoritmanın benzer frekanslarda yayın yapan telemetri sistemlerinin yoğun kullanıldığı ortamlarda haberleşmenin sürekliliğinin sağlanmasına yardımcı olabileceğini göstermiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Fathirad, I. ve Whittington, J., "A flexible FPGA and SBC based electric vehicle telemetry system", *In 7th International Conference on Broadband Communications and Biomedical Applications*, 2011, 219- 226.
- [2] Duchrow, T., Schröer, M., Griesbach, B., Kasperski, S., Bempohl, F.M.G., Kramer, S. ve Kirchner, F."Towards electric mobility data mining", *Electric Vehicle Conference (IEVC)*, 2012, 1-6.
- [3] Larrauri, J.I., Gorra S, ve Mikel G., "Automatic system for overhead power line inspection using an Unmanned Aerial Vehicle—RELIFO project", *Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), International Conference on*, 2013, 244-252.
- [4] Altemose, G., Hellermann, P., and Mazz, T., "Active cell balancing system using an isolated share bus for Li-Ion battery management: Focusing on satellite applications", *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)*, 2011, 1-7.
- [5] Durmuş, M., *Şanlıurfa'da Ceylanların (Gazella subgutturosa) Yaşam Alanı Büyüklüğü Ve Habitat Seçimlerinin GPS Telemetri İle Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Ankara, 2010.
- [6] Ustun, O., Yılmaz, M., Gokce, C., Karakaya, U., ve Tuncay, R. N."Energy management method for solar race car design and application", *Electric Machines and Drives Conference*, 2009, 804-811.
- [7] Thums, M., Whiting, S.D., Reisser, J.W., Pendoley, K. L., Pattiaratchi, C.B., Harcourt, R.G. ve Meekan,

M.G., "Tracking sea turtle hatchlings—a pilot study using acoustic telemetry", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 440., 156-163, 2013.

- [8] Tucker, A. D., "Nest site fidelity and clutch frequency of loggerhead turtles are better elucidated by satellite telemetry than by nocturnal tagging efforts: implications for stock estimation", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 383.1., 48-55, 2010.
- [9] Çıbuk, M., *WIMAX/IEEE 802.16 Ağları Üzerinde WEB Tabanlı BİO-TELEMETRİ Uygulamaları İçin Protokol Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2009.