

Radyo Dalgaları Kullanarak Yeraltı Maden Ocağında Çalışan Madencilerin İzlenmesi

Monitoring of Miner by RF Signal

Tuğba Saray¹, Ali Çetinkaya³
İstanbul Gelişim Üniversitesi
İstanbul, Türkiye
tsaray@gelisim.edu.tr
alacetinkaya@gelisim.edu.tr

Şekip Engin Mendi²
KTO Karatay Üniversitesi
Konya, Türkiye
engin.mendi@karatay.edu.tr

Özetçe—Kablosuz iletişim teknolojisi büyük bir hızla telsizlerden, akıllı ev sistemlerine; otomasyon uygulamalarından, GPS birimlerine kadar hayatımızın tüm alanlarına yayılmaktadır. Bu çalışmada maden ocaklarında çalışan işçilerin izlenmesi için radyo dalgaları kullanarak kablosuz iletişim gerçekleştiren bir sistem geliştirilmiştir. Yer altı madenciliği madencilik alanının en riskli ve kaza olasılığı en yüksek alanlarından biridir. Yer tespiti hayati öneme sahip olduğu bu iş kolunda ani bir kaza veya göçük meydana geldiğinde hangi işçinin hangi konumda olduğu bilinecek ve kurtarma çalışmaları o bölgede yoğunlaştırılabilecektir. Çalışma nesnelerinin interneti projelerinde kullanılan, bir kablosuz alıcı, iki radyo verici ve referans alıcı kullanılarak geliştirilmiştir. Merkez alıcı olarak CP2102 V2 modülü, referans alıcı olarak D1 mini modülü, verici kartı olarak ESP8266-01 ile devre tasarlanıp madencinin taşınması için kullanılmıştır. Açık alanda, kapalı alanda ve yer altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, geliştirilen sistemin hızlı ve doğru çalıştığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler—Radyo Dalgaları; RSSI; İzleme; Nesnelerin İnterneti

Abstract— Wireless communication technology is spreading rapidly to all areas of our lives. The technology, which has a wide range of applications from radios, intelligent home systems, automation applications to GPS units, was used in monitoring the workers working in mines in this study. Most of the mining area underground mining is risky and the possibility of accident (gas jams, the explosion and dents, etc.) is the area of high. Locating is vital in this line of work when a sudden accident or dent occurred in which the worker will be known and the position of the recovery efforts can be intensified in that area. It was developed using a wireless receiver, two radio transmitters, and a reference receiver, which are used in the Internet of things. CP2102 V2 module was used as the center receiver, D1 mini module was used as the reference receiver, ESP8266-01 was used as the transmitter card and it was used to carry the miner.

Keywords—Radio waves; RSSI; Monitoring; Internet of Things

I. GİRİŞ

Madencilik sektörü, bilgi, tecrübe, uzmanlık, sürekli dikkat ve denetim gerektiren en meşakkatli ve risk değeri yüksek iş kollarından birisidir. Son yıllardaki iş kazaları ve istatistikleri incelendiğinde, kayda değer şekilde artan iş kollarının başında madencilik sektörü görülmektedir.

İnsan işgücünün en yoğun kullanıldığı bu alanda artan iş kazalarının oranı, alınacak önlem ve oluşturulacak acil durum planlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Hızla gelişen teknolojiyi madencilik sektöründe de önleyici ve kurtarıcı durumda kullanmak ve projeler geliştirmek gerekmektedir. Yeraltı kömür madenciliği her zaman iş gücünün sağlık ve güvenliğini ilgilendiren konularda yüksek risk içeren aktiviteler arasında yer almaktadır. Havalandırma sistemi, enerji kullanımı, su atımı ve mekanizasyon aşamaları iş güvenliği açısından önem taşıyan alanlardır [2]. Yeraltı kömür madenciliğinin diğer yer altı madencilik işletmeleriyle karşılaştırıldığında doğası gereği yaşanan kazaların sonucu ölüm riski yüksektir [3].

İnsan işgücünün en yoğun kullanıldığı bu alanda artan iş kazalarının oranı, alınacak önlem ve oluşturulacak acil durum planlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır

Bu teknolojilerin başında maden ocaklarında sıklıkla kullanılmaya başlanan radyo dalgaları ile haberleşme sayılabilir. Haberleşme sürecinde kullanılan yöntemlerden birisi gelen işaret gücü göstergesi (Received Signal Strength Indication- RSSI) yani alıcıya gelen sinyalin gücünün ölçülmesidir. RSSI, Günümüzde birçok kablosuz haberleşme yapan donanımda standart bir özellik olarak bulunmaktadır. RSSI tespit yöntemi sinyal gücü ölçümüne dayanmaktadır ve amaç; gücü belli olan verici yayınının, alıcıya ulaştığında ölçülen şiddete göre mesafe bilgisinin ölçülmesidir. [4] Alıcı tarafından alınan sinyal gücü, sinyalin aldığı mesafeyi ve yolda ne kadar zayıflama gösterdiği bilgisi ile mesafe bilgisine dönüştürmektedir.

RSSI tespit yöntemi sinyal gücü ölçümüne dayanmaktadır ve amaç; gücü belli olan verici yayınının, alıcıya ulaştığında ölçülen şiddete göre mesafe bilgisinin ölçülmesidir. Alıcı tarafından alınan sinyal gücü, sinyalin aldığı mesafeyi ve yolda ne kadar zayıflama gösterdiği bilgisi ile mesafe bilgisine dönüştürmektedir.

Hesaplanan ölçüm ile mesafe konum bilgisi belirli hata sınırları içerisinde belirlenebilmektedir [5]. Mesafe ölçümü sırasında alınan sinyal gücünün doğruluğu ortamda bulunan engellerden dolayı oluşan saçılmalardan dolayı zayıflayarak veya yansiyarak etkilenmektedir. Yansımanın bulunmadığı ideal mekanlarda oldukça güvenilirirdir.

Bu çalışma ile olumsuz bir durum oluşuğunda yeraltı maden ocağında çalışan madencinin en son bulunduğu mesafenin bilinmesi ve arama kurtarma çalışmalarının o bölgede yoğunlaştırılabilmesi için temel olarak radio dalgalarıyla çalışan Wi-fi teknolojisi kullanılarak bir sistem oluşturulmuştur.

II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

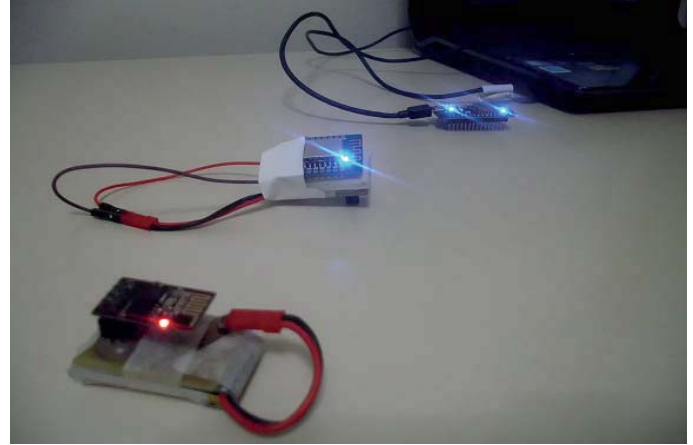
Son yıllarda yer altı maden ocağında çalışan madenciler için yapılan araştırmalar büyük önem kazanmaktadır. Kaza ya da göçük anında madencilerin tahmini konumunun dahi bilinmesi madenciyi sağ kurtarma olasılığını artırmaktadır. Yapılan araştırmalar, madencilerin takip ve konum tespitinin belirlenebilmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Zhenjun ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, maden güvenliği için keşfe çıkan bir tarama robotu geliştirilmiştir. Bu robot, kömür madenlerinin özel yerlerine girebilmekte, insanların çalışmasının mümkün olmadığı yangın, deprem gibi maden felaketleri koşullarında çalışabilmektedir. Ayrıca, üzerinde birden fazla sensörle, uzaktan kumandalı gerçek zamanlı veri iletimi gerçekleştirebilmektedir[6]. Filiz ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, bir afet durumunda kurtarma ekipleri ve kişiler arasında haberleşme problemini çözmeye yönelik uygulama gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan sisteme bağlı durumda olan kullanıcılar izin verdiği takdirde konumları tespit edilmiş ve yerleri web tabanlı harita üzerinde gösterilmiştir. Yapılan çalışma ile internet kullanımında sorun olmayan ve GPS sinyalinin etkin alınabildiği bölgede kayıtlı kullanıcıların birbirlerini takip edebilmeleri ve harita üzerinde arama kurtarma birimlerinin ihtiyaç duyulduğu görülen noktaya gönderimi amaçlanmıştır [7]. Chen (2015) yaptığı çalışmada, maden ocağında kablosuz konumlama sistemi tasarlanırken kullanılan elektromanyetik dalgaların coğrafi koşullardan kaynaklanan iletim sorunları üzerinde durmuştur. Bunun için geri yayılma öğrenme eğitimi algoritması kullanılmıştır. İlk olarak ortam için kararlaştırılan standart sapma eşiği tanıtılıp, daha sonra oluşturulan her düğüm için standart sapma hesaplanarak bu değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmaya dayanarak öğrenme eğitimi, konumlandırma hata oranının iyileştirmesi ve sistemin konumlandırılması için oluşturulan geri yayılma algoritması tanıtılmıştır [8]. Karaoğlu (2015) gerçekleştirdiği çalışmada, maden ocaklarının ortam koşullarının anlık olarak takip edilebilmesi ve işçilerin durumlarının uzaktan kontrol edilebilmesi gerekliliği üzerinde durmuştur. Yapılan çalışmada sensör ağları için uygun bir haberleşme teknolojisi olan ZigBee kullanılarak maden ocaklarında meydana gelen kazalarda oluşabilecek risklerin önüne geçilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında madendeki çalışma ortamının verileri sensörlerle okunup, yönlendirici ZigBee modülleri ile koordinatör modüle gönderilmiştir [9]. Lüy (2016) maden ocaklarında meydana gelebilecek kazaları önleyebilecek ve kaza oluşuktan sonra ortaya çıkacak ölüm riskini en aza indirebilecek bir sistem üzerine çalışma gerçekleştirmiştir.

Çalışmada madenlerde kullanılan teknolojiler ve madencilikte kullanılan yazılımlar incelenmiş, merkeze iletilmiş olan verilerin analizi edilmesi, görsellenmesi ve kullanıcıya sunumu üzerinde durulmuştur. Operatöre ulaştığı varsayılan veriler üzerinden üç boyutlu çalışan bir web uygulaması geliştirilmiştir [10]. Chruszczyk ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, açık ve kapalı alanlarda 433, 868 ve 2400 MHz ISM (endüstriyel cihaz bant genişliği) bantlarını kullanarak RSSI konumlandırma tabanlı karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma kapsamında farklı ortamlarda alınan benzer ölçümler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda 433 ve 868 MHz bant genişliklerinin 2400 MHz göre daha iyi performansta çalıştığı sonucuna varılmıştır[11].

III. SİSTEMİN DONANIM YAPISI

Geliştirilen sistem, bir kablosuz alıcı, bir radyo vericiler ve belirli aralıklarda referans alıcıdan oluşmaktadır. Vericilerden alınan radyo dalgalarının sinyal şiddeti referans alıcı tarafından ölçülmüş ve merkezde bulunan alıcıya gönderilmiştir.

Şekil 1'de verici devre, referans alıcı devre ve merkez alıcı devre verilmiştir.



Şekil 1. Sistemde Kullanılan Devreler

A. Verici Devre

Madencilerin kullanacağı verici devrede ESP8266-01 modülü kullanılmıştır. Boyutu küçük, kullandığı enerji miktarı düşük olduğu için bu modül tercih edilmiştir. Verici devre çalıştığı süre boyunca RSSI yayını vermektedir.

B. Referans Alıcı

Madencilerin taşıdığı verici devreden gelen sinyalleri toplayıp merkez alıcıya gönderen referans alıcı için mini kart kullanılmıştır.

C. Merkez Alıcı

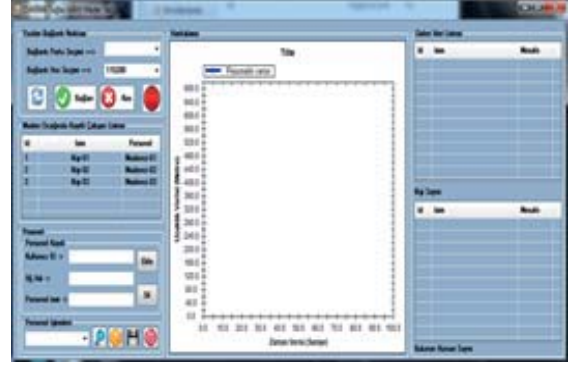
Merkez alıcı için CP2102 V2 kart kullanılmıştır. Kart referans alıcılardan gelen sinyalleri toplayıp bilgisayara iletmektedir.

IV. SİSTEMİN YAZILIM YAPISI

Masaüstü yazılım tasarımı Visual Studio 2015 geliştirme ortamı kullanılarak C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Yazılım tasarımı beş ana gruba ayrılarak gerçekleştirilmiştir.

- Birinci grupta bilgisayar ile merkez alıcı modül arasındaki bağlantı ayarlarının yapıldığı “Yazılım Bağlantı Noktası” bulunmaktadır. Bu alanda bağlantı portu seçimi ile modülün bağlı olduğu portu ve bağlantı hızı seçimi yapılarak modül ile yapılacak bağlantının hızının ayarlamaları yapılmaktadır.
- İkinci grupta yazılımının “Madem Ocağında Kayıtlı Çalışan Listesi” bölümü bulunmaktadır. Madencilerin program sırasında verilen Id numaraları, madencilerin ağ isimleri ve personel verisi bulunmaktadır.
- Üçüncü grupta “Personel” bölümünde personel işlemlerinin yapıldığı kısımdır. Kablosuz veri haberleşmesi başlatılıp veriler alındıktan sonra bu grupta personel kayıt işlemleri, takip edilecek madencinin seçimi yapılmaktadır. “Personel Kaydı” grubunda kullanıcı Id, ağ adı ve personel ismi yazılarak personel ekleme ve çıkarma işlemleri yapılmaktadır. “Personel işlemleri” grubunda açılır listeden çalışan bir madenci seçimi yapıldığında “Gelen Veri Listesi” grubunun ikinci listesinde madencinin Id, ağ ismi ve mesafe bilgileri listelenmektedir. Grup içerisinde arama, durdurulan personel arama işlemini devam ettirme, kaydetme ve arama işlemini durdurma butonları bulunmaktadır.
- Dördüncü grupta “Gelen Veri Listesi” bölümü bulunmaktadır. Yazılım bağlantı noktası grubundaki ayarlar yapıp kablosuz iletişim protokolleri başladıktan sonra kişilerin maden içerisindeki yerlerinin yazılıma alınması başlatılmıştır. Alınan veriler birinci listede madenci Id, madenciye ait ağ ismi ve mesafe olarak gelen veri listesinde sıralanmaktadır. Program başladığı andan itibaren maden içerisinde mesafe bilgisi alınan madencilerin sayısı “Kişi Sayısı” satırında toplanmaktadır. Personel işlemleri grubundan bir madenci seçildiği durumda seçilen madencinin program başladığı andan itibaren alınan mesafe bilgileri ikinci listede sıralı şekilde listelenmektedir. Ayrıca seçilen madencinin program başladığı andan itibaren maden içerisinde alınan mesafe bilgileri sayısı “Bulunan Konum Sayısı” satırında toplanmaktadır.
- Beşinci grupta “Haritalama” bölümü bulunmaktadır. Madendeki personel verileri grubunda yerini bul butonuna basıldığında alınan mesafe verileri bu gruptaki temsili harita üzerinde gösterilmektedir.

Bu bölümleri içeren masaüstü yazılımın görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Masaüstü Yazılım

Desibel (dB) ölçümü, iki güç seviyesinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Çıkış gücünün giriş gücüne logaritmik oranını 10 katı desibel seviyesini vermektedir. dB, sinyal gücünün miktarı olduğundan dB olarak verilen bir sonuç göreceli bir ölçüm sonucudur ve dB mutlak bir birim olmadığı görülmektedir.

Bir büyüklüğün başka bir büyüklük ile karşılaştırılmasıdır. Örneğin, bir işaret seviyesinin “9 dB” olduğunu söylemek, kaynak seviyesi gösterilmediği sürece bir anlam ifade etmez. “1 miliwatt (mW) referans seviyesi üzerinde 9 dB işaret seviyesi” 1 mW olarak kaynak gösterildiği için doğru ifadedir. Hangi referans seviyesine göre desibel ölçümünün yapıldığı kısaltma ile gösterilir. Bir sistemin güç seviyesi G ile gösterilecek olursa dB seviyesinde temel dönüşüm Denklem (1) ile gösterilebilir [1]:

$$G(\text{dB})=10\log_{10}(\text{mW}), \quad G=10\log_{10}P_{\text{çıkış}}/P_{\text{giriş}} \quad (1)$$

dBW(Desibel Watt) vericiler gibi yüksek güç kullanılan durumlarda 1W standart seviye olarak kullanılır. dBW güç seviyelerini 1W seviyesine göre ifade etmektedir. Buna göre güç seviyesi G ile gösterilecek olursa, dBW güç seviyesi Denklem (2) ile verilmiştir.

$$G(\text{dBm})=10\log_{10}Güç(\text{mw})/1\text{mW} \quad (2)$$

Elektromanyetik dalgalarda sinyal mesafenin karesiyle ters orantılıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak ilk önce logaritmik biçime çevirme işlemi gerçekleştirilmiş düzenlemesi yapılmış ve Denklem (3) ile verilen formül elde edilmiştir. Elde edilen bu formül ile vericiden gelen RSSI sinyali kullanılarak mesafe hesaplaması yapılmıştır.

$$10\log P_r=10\log k+10\log P_0-10\log r^2 \quad (3)$$

V. DENEYLER VE SONUÇLARI

Sistem tasarımı tamamlandıktan sonra açık alanda, kapalı alanda ve yer altında pek çok deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında ortamın açık veya kapalı olması, kapalı alanın büyüklüğü, ortamda bulunan eşyaların sayısı ve niteliği elektromanyetik dalgaların saçılma durumunu artırmaktadır ve bu durumda sinyalden alınan gücü doğrudan etkilemektedir.

Bu yüzden deneyler yapılmadan önce RSSI değerini mesafe bilgisine çevirmede kullanılan formüldeki k (katsayı) değişkeni ve P₀ (dBm cinsinden ölçüm yapılan ortam için hata değeri) değişkenine ortamın durumuna göre değer vererek uygun kalibrasyonun yapılmıştır.

Referans alıcından gelen RSSI sinyalinin mesafe bilgisine çevrim işlemi yapıldıktan sonra hesaplanan sonuca merkez alıcı ile referans alıcı arasında belirlenen mesafe eklenmiştir.

Yapılan ölçümlerin sonuçları aynı şartlar sağlanarak üç defa tekrarlanmış ve mutlak değer içerisinde aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Bu değer üzerinden ölçümlerin % hata değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan formül Denklem (1) ile verilmiştir. Denklem (4) ile verilen “H” değeri hataların yüzdesi, “a” ile hataların aritmetik ortalaması, “d” ile ölçüm yapılan gerçek değer olarak ifade edilmiştir[1]:

$$H = a * 100 / d \quad (4)$$

A. Açık Alan Deneyleri

Açık alan deneyleri park ortamında 22 adet deney gerçekleştirilmiştir. İlk 10 ölçümde k değişkenine 22.0, P₀ değişkenine 25.0 değeri verilerek, sonraki 12 ölçümde k değişkenine 18.0, P₀ değişkenine 22.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir.

Açık alanda yapılan ölçümlerin sonucunda en düşük %1.453 en yüksek %11.973 hata hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen toplam 22 adet deneyin hatalarının yüzde ortalaması 6,557 olarak hesaplanmıştır.

B. Kapalı Alan Deneyleri

Kapalı alan deneyleri kapalı ortamda k değişkenine 19.0, P₀ değişkenine 23.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. 22 adet ölçüm yapılmıştır.

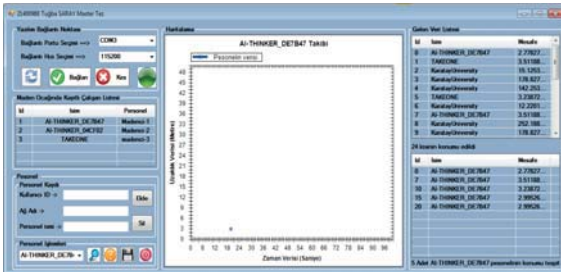
Kapalı alanda gerçekleştirilen deneylerde en düşük %0.229 en yüksek %13.116 hata hesaplanmıştır. Hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 5,031 olarak hesaplanmıştır.

C. Yeraltı Alan Deneyleri

Yeraltı deneyleri bir yer altı otoparkında k değişkenine 19.0, P₀ değişkenine 22.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. Yirmi iki adet ölçüm yapılmıştır.

Yer altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda en düşük %0.644 en yüksek %22.311 hata hesaplanmıştır. Hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 3,979 olarak hesaplanmıştır.

Deneyler sırasında merkez alıcı ile referans alıcı arasında 1m, referans alıcı ve verici arasında 2m, ölçüm yapılan gerçek mesafe 3m uzaklıkta gerçekleştirilen deneyin ekran görüntüsü Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Deneyler sırasında alınan ekran görüntüsü

VI. SONUÇLAR

Sonuç Yer altı maden ocağında çalışan madenciler için tasarlanan verici devreden gelen sinyaller merkezden belli bir mesafeye yerleştirilen referans alıcı ile toplanmış merkezde bulunan alıcı devreye gönderilmiştir.

Geliştirilen masaüstü program ile merkez alıcı ile toplanan sinyaller mesafe bilgisine çevrilmiş şekilde gösterilmiştir. Ayrıca listeden seçilen madencinin konumu temsili harita üzerinde görüntülenmiştir ve istenildiği takdirde excel dosyası olarak kayıt yapılabilmektedir. Yapılan deneyler ele alındığında kullanılan yöntemin hızlı ve doğru çalıştığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Katkı ve desteklerinden dolayı Prof. Dr. Ali Okatan, İstanbul Gelişim Üniversitesi ve KTO Karatay Üniversitesine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] T. Saray, “Radyo Dalgaları Kullanılarak Yeraltı Maden Ocağında Çalışan Madencilerin İzlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KONYA, 2017.
- [2] A. Kuzu, “Yeraltı Maden Ocaklarında Çalışan İşçilerin Çalışma Koşullarının Ruh Sağlığına Etkisinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL, 2014.
- [3] Türkiye Büyük Millet Meclisi, Manisa’nın Soma İlçesinde Başta 13 Mayıs 2014 Tarihinde Olmak Üzere Meydana Gelen Maden Kazalarının Araştırılarak Bu Sektörde Alınması Gereken İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tedbirlerinin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu Raporu, Cilt 1, ANKARA, 2014.
- [4] L. Chruszczyk, A. Zając, “Comparison of Indoor/Outdoor, RSSI-Based Positioning Using 433, 868 or 2400 MHz ISM Bands”, International Journal of Electronics and Telecommunications, 2016, VOL. 62, NO. 4,
- [5] B. Bekçibaşı, M. Tenruh, “Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Konum Saptama Teknikleri ve Mesafe Bağımlı Tekniklerde Dördüncü Çapa Yaklaşımı”, Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, MUĞLA
- [6] Zhenlun He; Jiang Zhan; Peng Xu; Jiaheng Qin; Yunkai Zhu, “Mine detecting robot based on wireless communication with multi-sensor”, IEE 4th International Conference on Electronics Information and Communication, Beijing, CHINA, 2013
- [7] Filiz G., Maktav D., Kalkan K., Özer O., “Mobil Platformlar Üzerinden Gerçek Zamanlı Ekip Takip Sistemi”, TOBB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, ANKARA, 2013
- [8] Chen Y. X., “Underground Coal Mine Positioning System Based on RSSI Positioning Algorithm Improved Through the BP Learning Training”, The Open Fuels & Energy Science Journal 8, 281-286, 2015
- [9] Karaoğlu O., “Maden Ocaklarında ZIGBEE Tabanlı Veri Haberleşme Uygulaması ve Sonuçlarının Bilgisayar Ortamında İşlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, KARABÜK, 2015
- [10] Lüy H.İ., “Maden Ocaklarında Madenciler için Yer Tespiti Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, KIRIKKALE, 2016
- [11] Chruszczyk L., Zając A., “Comparison of Indoor/Outdoor, RSSI-Based Positioning Using 433, 868 or 2400 MHz ISM Bands”, International Journal of Electronics and Telecommunications, 2016, VOL. 62, NO. 4, 201