

RFID Sistemleri ile Konum Belirleme Yönteminin Depo Yönetimlerinde kullanımı ve Standart Barkod Sistemleri ile Karşılaştırılması

Hüseyin Cahit TOSUN
İstanbul Ticaret Üniversitesi
cahit_tosun@hotmail.com

ÖZET

Günümüzde yaygın olarak kullanılan depo takip sistemlerinin kurumlara olan verimlilik maliyetleri, çevresel ve sağlık etkilerinin ne düzeyde olduğu tam olarak bilinmemektedir. Tüketimin her geçen gün artışı, depo yönetim sistemlerinde verimliliğin gerekliliğini ön plana çıkartmaktadır. Bununla birlikte çevresel fayda ve zararların da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Kurumların yapmış olduğu depo yatırımları, kurgulanan sürece göre faydadan çok zararlara sebep olabilmektedir. Bu dokümanda depo yönetimi amacı ile kullanılan, standart barkod yapısına alternatif olarak RFID sistemlerle konum belirleme yöntemlerinin kullanımı, verimlilik, finans ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması açıklanmıştır. Bu dokümanın, mevcut teknolojilerin iyileştirilmesi ve kurumların depo yönetimi uygulamalarında tercihlerini bir karşılaştırma üzerine kurgulamasında fayda sağlaması beklenmektedir. Karşılaştırmanın amacı iki farklı yönetim sisteminin getireceği avantaj ve dezavantajları göz önüne koymak ve farklılıkların maliyet/amortisman ve fayda ekseninde değerlendirilmesini sağlamaktır. Ayrıca bu dokümanda, ülkemizin teknolojik alanlarda göstermiş olduğu gelişmeler ile Endüstri 4.0 a atılan adımlarda Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT)'nin depo yönetim sistemlerinde kullanımı vurgulanmaktadır. Araştırmalar göstermiştir ki, ilk yatırım bedeli yüksek olsa da devamlılığı ve çevresel faydaları göz önüne alındığında RFID depo yönetim sistemleri tercih sebebi olmalıdır.

Anahtar Kelimeler

RFID; Nesnelerin İnterneti; kablosuz konum tahmini; (AOA)Sinyal geliş açısı;(TOA) Sinyal geliş süresi;Çok Yüksek Frekans-UHF;

ABSTRACT

It is not known exactly what the efficiency costs of the warehouse monitoring systems used today and the environmental and health effects are to the institutions. Every day increase in consumption, efficiency is required in warehouse management systems. However, environmental benefits and losses should not be overlooked. Warehouse investments made by corporations can cause damages rather than benefits

according to the process that is being constructed. This document describes the comparison of the use, efficiency, financial and environmental impacts of positioning methods with RFID systems as an alternative to the standard bar code structure used with warehouse management purposes. It is expected that this document will be useful for improving existing technologies and for building a comparison of the preferences of institutions in warehouse management practices. The aim of the comparison is to take into account the advantages and disadvantages of the two different management systems and to ensure that the differences are assessed on the basis of cost / depreciation and utility. In addition, this document highlights the developments that our country has shown in technological areas and the use of the Internet of Things (IoT) in warehouse management systems in the steps taken in Industry 4.0. Research has shown that although the initial investment cost is high, RFID storage management systems should be the reason for preference given the continuity and environmental benefits.

Keywords

RFID; IoT; Wireles location estimation;(AOA) Angel of arrival; (TOA)Time of arrival;Ultra High Frequency-UHF;

GİRİŞ

Ülkemizde ve Dünyada kurumsal yapıların depo yönetim sistemleri maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda çok ciddi bir öneme sahip olmaktadır. Özellikle üretim yapan kurumların depo yönetim sistemleri üretimin hızı ile doğru orantılı olarak gelişmektedir. Bu hız ile birlikte daha az alan ve daha hızlı ulaşım fikri kurumları yeni depo yönetim sistemlerine itmektedir. Depoların fiziki şartlarının iyileştirilmesinin önemi kadar depoda yer alan malzemelerin takibi de bir okadar önem arz etmektedir. Güncel teknolojiler ve Endüstri 4.0 gibi kapsamlı bir yeniliğin ülkemizde de adımları atılmakta ve doğru uygulama şeklinin belirlenmesi her geçen gün önemini arttırmaktadır. Var olan mevcut sistemlerin yerine gelecek olan yeni sistemlerin daha iyi sonuçlar üretmesi ve daha verimli bir prensip ile çalışması her kurumun temel isteğidir. Bu gibi bir tercih noktasında

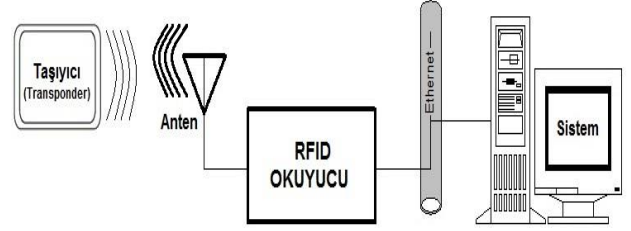
kurumların daha fazla yol gösterici kaynaklara sahip olması ülkemiz adına da ekonomik anlamda fayda sağlayacaktır. Bu dokümanda var olan standart barkod sistemleri ve RFID ile depo yönetim sistemleri tariflenmektedir.

2. STANDART BARKOD SİSTEMLERİ İLE DEPO YÖNETİM UYGULAMALARI

Günümüzde birçok ürünün üzerinde görüleceği üzere, farklı şekillerde ve farklı fiziksel yapılar da olan barkodlar bulunmaktadır. Bu barkodların yapısal farklılıkları, kullanım alanları ve tercihlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Çoğunlukla tercih edilen barkodlar UPC, EAN ve QR CODE türündekilerdir. Barkod belirli bir kombinasyona sahip, kalınlık, bulunduğu konum gibi bilgilerle bir değer in görselleştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Barkod çeşitliliği ile beraber bu barkodlarda gizlenen bilgilerin saklayabileceği bilgi miktarı da artmıştır. Depo yönetim sistemlerinde her bir barkod kendisi ile tekil ilişkiye sahip ürün malzeme ağacındaki bir ürüne tekabül eder. Ürünlerin takibi amacı ile ürün, lokasyon, üretim tarihi, son kullanım tarihi ve parti numarası gibi ihtiyaçlar doğrultusunda şekillenen muhtelif detaylara hızlı erişim amacı ile ilgili barkodun içerdiği tekil numara ya da alfanumerik içerik, erişim anahtarı olarak kullanılır. Bu barkodun içerdiği bilgi sayesinde ürüne ait tüm stok hareketleri, ürün geçmiş gibi konular kolayca kayıt altına alınabilir ya da sorgulanabilir. Uzun yıllardır kullanılan bu yöntem, kurumsal kaynak planlaması ya da malzeme kaynak planlaması gibi uygulamalarda hazır paketler olarak müşterilere sunulmaktadır.

3. RFID TEKNOLOJİSİ

RFID, bir nesne veya kişiye ait tanıma bilgisini (benzersiz seri sayı biçiminde) kablosuz bir şekilde radyo dalgaları ile iletmek için kullanılan sistemleri tanımlamak amacıyla ifade edilen genel bir terimdir[1]. RFID sistemleri okuyucu anten ve etiket olmak suretiyle iki temel bileşen üzerine kurgulanır. Okuyucu diye adlandırılan yapı kendi enerjisini olan bir anten şeklinde kablosuz yayın yapan cihazlardır. Etiket olarak adlandırılan yapı aktif, pasif ve yarı pasif şeklinde üç sınıfa ayrılır. Aktif etiket kendi enerjisine sahiptir fakat pasif etiket okuyucunun enerjisine ihtiyaç duyar. Tüm bu etiketler üreticileri tarafından kendilerine atanmış tekil numaraya sahiptirler. RFID sistemlerin iki temel bileşeni olan okuyucu ve taşıyıcıların hareketli veya sabit olma durumlarına göre okuyucu sabit taşıyıcı hareketli ve taşıyıcı sabit okuyucu hareketli sistemler olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır [2].



Şekil 1. RFID Sistem Bileşenleri

4. 2 BOYUTLU DÜZLEMDE RFID KONUM BELİRLEME

Günümüzde konumlandırma amacı ile genellikle GPS teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji oldukça yaygın olmasına rağmen hem maliyetleri hem de kapalı mekanlarda işe yaramaması sebebi ile farklı yaklaşımlar araştırılmakta ve uygulanmaktadır. Bu yaklaşımlardan birisi olan RFID ile konum belirlemede amaç etiketin sabit okuyucuya olan uzaklığı ile kestirimlerde bulunmaktır. Antenleri doğası gereği yayın yaptıkları sinyal tek bir nokta odaklı olmadığından ötürü bu tip bir yaklaşım ancak ve ancak birden çok antenin farklı noktalara konumlandırılması ile başarıya ulaşabilmektedir. Çalışmalarda gözlemlenen RSSI verisine dayalı mesafe ölçümü benimsenmiş bir yöntemdir. RSSI(Received signal strength indication) bir istemci cihaza alınan sinyal kalitesini ölçmek için kullanılan bir terimdir. Ancak bu değer mutlak değere sahiptir. IEEE 802.11 standartlarında her yonga üreticisi kendi "RSSI_Max" değerini tanımlamaktadır. Bu değer 0-255 arasında olabilir. Örneğin; Atheros 0-60 arasında kullanırken, Cisco 0-100 arasında kullanmaktadır. Genel olarak tüm üreticilerde 0 a yakın değer daha yüksek kaliteyi ifade etmektedir yani -40 değeri -50 değerinden daha kıymetlidir. RSSI değeri hesabı yüzdesel dilim üzerinden yapılır, çünkü RSSI değeri kullanıldığı yere göre kabuller üzerinden hesaplanır. Kalite ve RSSI ilişkisi Şekil 2 de açıklanmıştır. Son zamanlarda gelişen teknoloji ile beraber kablosuz haberleşme ve sensör teknolojileri de hızla gelişmektedir. RSSI bilgisi ek bir donanım gerektirmeden bir çok cihaz ile birlikte sunulan bir özellik olarak yerini almaktadır. Konum belirlemede farklı konumlandırılmış ve birbirlerine olan vektörel uzaklıkları bilinen okuyucu antenlerin her biri tarafından alınan RSSI değeri ile farklı algoritmalar kullanılarak çıkarımda bulunulabilir. Örneğin; ortamda belirli konumlara önceden yerleştirilen taşıyıcılardan alınan RSSI değerleri ile konumu belirlenmeye çalışılan nesnelere üzerindeki taşıyıcılara ait RSSI değerleri karşılaştırılarak k-NN (k-NN: K Nearest Neighbors / k En Yakın Komşuluk) algoritması ile konum tahminleri gerçekleştirilmiştir [3]. Bir diğer konum belirleme yöntemi TdoA(Time Difference of Arrival/ Varış Süresi Farkı) yöntemidir. Bu yöntem okuyucuların almış olduğu sinyallerin arasında geçen süre hesaplamasıdır[4]. Fakat çalışmalar göstermiştir ki bulunan ortamdaki değişkenler ve işlem yapan mikro denetleyicinin oluşturduğu zaman

farklılıkları hata payını çok arttırmaktadır. Tüm bu çalışmalar temelde nesnenin 2 boyutlu düzlemdeki konumunu vermektedir. Farklı tip çalışmalar Tablo 1 deki gibidir.

RSSI sinyal değeri -50db ve -100db,
Kalite $\sim 2^*(db + 100)$
RSSI $\sim (yüzde / 2) - 100$
Yukarıdaki bilgiler ışığında
Yüksek Kalite: 90% $\sim -55db$
Orta Kalite: 50% $\sim -75db$
Düşük Kalite: 30% $\sim -85db$
Kullanışsız: 8% $\sim -96db$

Şekil 2. RSSI ve Kalite İlişkisi

Tablo 1. Örnek Çalışmalar

Referans	Kullanılan Yöntem (Açıklama)	Doğruluk
SpotOn (J. Hightower vd. 2000)	RSSI değerleri kullanılarak üçgenleme methodu ile konum kestirme	3 m
(Bechteler ve Yeniğün 2003)	3 okuyucu ile RSSI değerleri kullanılarak üçgenleme methodu ile konum kestirme	Ortalama 20 cm
(Stelzer vd. 2004)	TDoA (Time Difference of Arrival / Varış Süresi Farkı) Ağırlıklı ortalama kareler	10 m
(J. Zhou ve J. Shi 2011)	Multilaterasyon yöntemi 3' ten fazla okuyucu ile daha hassas konum tahmini yapılmıştır.	0,0524 m 0,053 m
LANDMARC (Ni vd.2004)	Referans taşıyıcılar yerleştirilmiş ve k-NN algoritması kullanılmıştır.	2 m

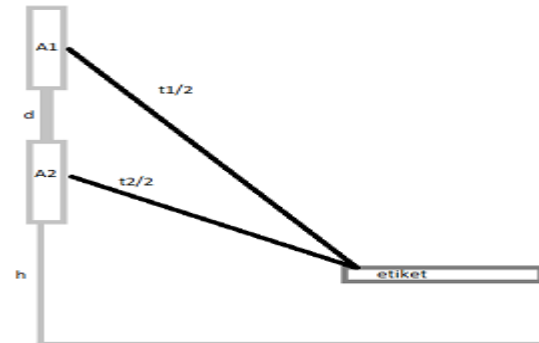
5. 3 BOYUTLU DÜZLEMDE RFID KONUM BELİRLEME

2 boyutlu düzlemde saptanan konumlar düz alanlarda kullanıma elverişli olsa da gerçek hayat şartlarında özellikle depolarda yer alan raf yapıları için doğru konumun kestirimi 3. Boyut ihtiyacını doğurmaktadır. Raf yapıları depoda maksimum verimlilik amacı ile ilgili ürün gruplarının bir arada tutulduğu ve alandan tasarrum amacı ile kullanılır. Etiketli ürünün bulunduğu konumda raftaki yüksekliğinin tespiti için gereken asıl unsur ilgili üçgenlemede yer alan antenlerin üstüne birer anten yerleştirmekle mümkün olabilmektedir. Burada

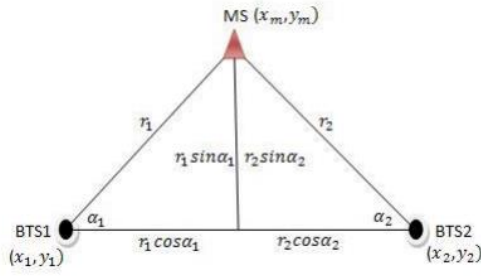
amaç her iki antenin aynı etiketten okuduğu sinyalin açısına göre geliş açısı yada geliş zamanı ile hesap yapmaktır. TOA(Time of Arrival/Geliş zamanı) aynı dikey konumdaki ve farklı yükseklikteki antenlerin okumuş olduğu sinyalin geliş sürelerinin hesaplanması açısal değeri ortaya çıkartmaktadır. İlgili tüm antenlerde yer alan bu ilave anten sayesinde etikete sahip nesnenin konumunu kestirmek mümkündür.

6. TOA(Time of Arrival/Geliş Zamanı) Metodu

TOA, okuyucu antenden gönderilen radyo sinyalinin etikete ve etiketten tekrar okuyucu antene gönderilmesiyle geçen gidiş dönüş süresidir. Arada geçen süre gidiş ve geliş olduğundan süre hesabı $t/2$ olarak hesaplanır. Mesafe bu sürenin ışık hızıyla çarpımından bulunur. Etiketın açısı iki adet zamansal senkronizasyonu tamamlanmış anten aradığı ile bulunur. Antenlerin nesneye olan uzaklıkları ve antenler arasındaki uzaklık hesaba katıldığında nesnenin konumu hesaplanmış olur. Şekil 2 de tariflenen yerden belirli yükseklikte ve bu bilgiye sahip olduğumuz antenlerin arasındaki mesafe ve antenlerden gönderilen ve alınan sinyallerin geliş sürelerinin yarısı ile mesafe kestirimleri yapılabilmektedir. TOA da iki anten arasındaki uzaklık ve antenlerin yerden yükseklikleri baz alındığında antenler e geliş süresi farkı açığı bulmayı sağlar. Ortaya çıkan bu açı değeri bizim için AOA(Angle of Arrival/Geliş Açısı) dir. AOA da mesafe ölçümü Şekil 3 de tariflenmiştir. Burada doğruluğu arttırmak adına 2 den fazla anten konumlandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Her bir anten matrisinin gönderdiği sinyal kendisine özgü olmak zorundadır, çünkü aynı sinyal karışıklığa sebep olacaktır. Antenlerin farklı tip sinyal göndermesi halinde birbirlerinin sinyalini gürültü olarak tanımlayacak ve sadece kendi sinyallerini kullanacaklardır. Bu tip bir işlemde doğruluğu arttırmak için mutlaka sinyal işleme süreleri ve ilgili ortamda ki materyal yoğunluğu göz önüne alınır ve buna göre hata payı minimuma indirilebilir.



Şekil 3. RFID TOA Kurgusu



Şekil 4. RFID AOA Kurgusu

7. STANDART BARKOD SİSTEMLERİ İLE RFID SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

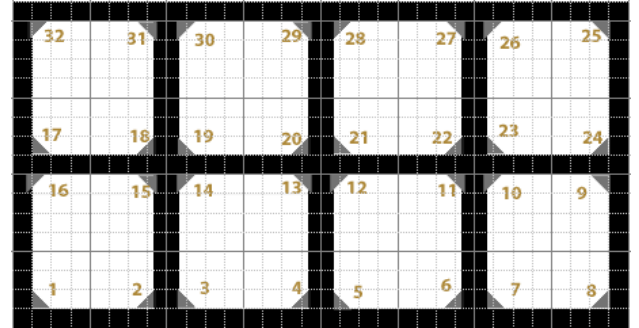
Her iki sistemin karşılaştırmasında Gemi İnşaa sektöründe faaliyet gösteren bir kurumun deposu baz alınarak yapılmıştır. Bu depoda ürün çeşitliliği, ürün adetleri ve stok devir hızı baz alındığında ortalama yıllık 600.000 farklı kalem için değerlendirme yapılmıştır. Standart barkod belirli bir materyalden imal edilen yüzeye Bölüm 2 de de tariflendiği gibi farklı formatlarda işlenen tekil numara bilgisidir. Burada kullanılan materyallerin ömürlerine göre maliyetler farklılık göstermektedir. Ancak dokümanın amacı kapalı ortamlarda stok takibi olduğu için basit kağıt olarak kullanılan barkod etiketi baz alınmıştır. Bir üründe kullanılan barkod tekrar kullanılamamaktadır. Bu sebeple çevresel olarak zararları düşünüldüğünde 600.000 adet kağıt parçasının geri dönüşümsüz olarak kullanımı çok ciddi zararlara sebep olmaktadır. İlgili barkodların ürün ile ilişkilendirilip yazdırılması için gerekli olan yazıcının vermiş olduğu toksik zararlar da göz önünde bulundurulduğunda çevresel anlamda faydalı bir ürün olduğunu söylemek mümkün değildir. Maliyetleri bakımından değerlendirildiğinde her bir barkod etiketi 0.02\$ a tekabül etmektedir. Bu barkodların yazdırma maliyetleri ile beraber toplam değeri 0.03\$ dır. Bahse konu tersane yıllık olarak sadece yazdırma işlemine 18.000\$ seviyesinde bir bedel ödemektedir. İlgili barkodları okumak için kullanılan cihazların uzun ömürlü olması ve aynı cihazların rfid etike okuma yetenekleri göz önüne alındığında bu donanım her iki sistem içinde cihaz başına amortisman göz önünde bulundurularak 500\$ ve depoda çalışan personel sayısı kadar olacağından yıllık toplam 5000\$ şeklindedir. Tüm bu donanım ve sarf malzemeleri 23000\$ seviyesinde olup bu maliyet her yıl tekrar yenilenmekte ve yükselmektedir.

UHF antenler ile lokasyon takibi için kullanılacak etiketlerin maliyeti 0.06\$ şeklindedir. Bu etiketlerin tüm bir yılı kapsayacak şekilde alımında ödenecek tutat 36.000\$ dır. Normar barkod etiketinden farklı olarak bu etiketler tekrar kullanılabilir durumdadır ve ömürleri 3 yıldır. Dolayısıyla ilk yatırım bedeli yüksek olsa da

kullanım amacı göz önünde bulundurulduğunda yıllık gerçek maliyet 12.000\$ seviyesindedir. Çevresel etkisi düşünüldüğünde ise uzun ömürlü olmasının getirdiği büyük bir avantaj bulunmaktadır. Ayrıca rfid etiketlerin malzemeleri geridönüşüme tabidir. Tersane deposu ölçüleri 80x160 m yani 12.800m² dir. Şekil 4 de görüleceği üzere 32 adet UHF anten matrisi tüm ihtiyacı karşılar niteliktedir. Her UHF anteni 2 anten matrisinden oluşmaktadır ve ürün 350\$ fiyata sahiptir. Toplam anten malieteti 11.200\$ dır. Tüm maliyetlerin karşılaştırması Tablo 2 de gösterilmektedir. Tabloda yer alan UHF antenlerin her biri aslında bir anten matrisini tarif etmektedir çünkü bu antenlerin 3. Boyut hesabı için 2 adet anten yongası içermeleri gerekmektedir.

Tablo 2. Yıllık Maliyet Tablosu

ÜRÜN	ADET	BİRİM FİYAT	TOPLAM FİYAT
UHF ANTEN	32	350\$	11.200\$
RFID ETİKET	200.000	0.06\$	12.000\$
RFID OKUYUCU	10	500\$	5.000\$
BARKOD OKUYUCU	10	500\$	5.000\$
BARKOD ETİKET	600.000	0.03\$	18.000\$
RFID SİSTEM TOPLAM=28.200\$			
BARKOD SİSTEM TOPLAM=23.000\$			



Şekil 5. UHF Anten Konumlandırma Haritası

SONUÇ

Standart barkod ve RFID ile karşılaştırma yapılmasındaki temel amaç Endüstri 4.0 ile hayatımıza girecek olan otonom depo yönetim sistemlerinin doğru yatırımlarla ve daha sağlam bir süreç mimarisi ile işlenebilir olmasını açıklamaktır. Depolarda otomasyon daha az insan gücü, daha az maliyet ve daha kesin bilgi temellerine dayanmaktadır. Karşılaştırma sonucunda çıkan veriler ilgili yatırımların doğru yönlendirilmesi için yol gösterici olmayı hedeflemektedir. Çalışmalar değişmez fiziki

şartlara sahip bir depo ve ortalama tüketimi belli bir üretim yapısında gerçekleştiği için yatırım bütçeleri açısından değerler oldukça yol göstericidir. Standart barkod etiketleme yöntemi ile yapılan işlemlerin artışı barkodun basılı olduğu etikette sadece tekil anahtar değil aynı zamanda ürüne ait bilgileride içerebilir olmasıdır. Bunun en önemli avantajı depo çalışanın ürüne ait belirli bilgileri hızlıca okuyabilmesidir. Bu özellik RFID etikette mümkün olmamaktadır. Standart barkod içerisinde yer alan bilgiler ilgili envanterin kesin konum bilgisini içerecek şekilde olsa da gerçek zamanlı bir durumda bu garanti edilemez ve sadece yazılı bir bilgidir ibaret olacaktır. Yatırım maliyeti açısından düşünüldüğünde RFID yapısından bir miktar daha ucuza gelmektedir. Ancak çevresel açıdan oldukça fazla geridönüşümsüz atık bırakması dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. RFID antenlerde fiyat dezavantajının temel sebebi anten adetlerini fazla olmasından kaynaklıdır ancak bunun asıl sebebi UHF antenlerin ölçüm yeteneklerinin ve kesin konum bilgisinin artırılmasıdır. Şekil 5 üzerinde ki yan yana konumlandırılan antenler görüş açılarındaki sebebi ile çoklamaları kesinlik oranını arttırmak amacı ile konumlandırılmıştır. RFID nin fiyat dezavantajı ile birlikte kullanım kolaylığı, depoda yer alan ürünlerin türüne ve sayısına ilişkin değerlerin anlık olarak okunabilmesi. Ürünün hangi koordinatta olduğu hakkında bilgi vermesi hem depo yönetim süreci açısından hızlı hemde güven esasına dayalı bir yapı oluşturması bakımından avantajlı durumdadır. Ayrıca çevresel faktörler ve geridönüşümlü ürünlerinde ülke ve dünya genelindeki etkileri göz ardı edilemez. RFID ile lokasyon takibi pek çok alanda kullanılmakla birlikte benzeri depo yönetim sistemleri içinde oldukça uygun bir çözümdür. Yapılan araştırmalar sonucunda RFID ile depo yönetimi yenilikçi bir bakış açısı katmasından, adam saat açısından ve güven esaslı bir yapıya oturtulmasından ve çevreci olmasından ötürü tercih edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Khong, G., White, S., (2005), Moving right along: Using RFID for Collection Management at the Parliamentary Library, InformationOnline 12 th Exhibition & Conference, Sydney, 1-12
- [2] Demiral E, Karas İR, Turan MK. RFID sistemleri ile konum belirleme uygulamaları. 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultay, Ankara; 2013.
- [3] Ni, L. M., Y. Liu, Y. C. Lau and A. P. Patil, (2004), LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID, Wireless Networks, 701–710.
- [4] Stelzer A., Pourvoyeur K., Fischer A., (2004), Concept and application of LPM — a novel 3-D local position measurement system. IEEE Trans. Microwave Theory Techniques; 52(12):2664–9.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin Cahit TOSUN

Atılım Üniversitesi 2012 Bilgisayar Mühendisliği lisans eğitimimin ardından,

İstanbul Ticaret Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans eğitimim devam etmektedir.

Halihazırda Depo Yönetim Yazılımları üzerine geliştirme yapan özel bir kurumda Yazılım Takım lideri ve operasyon yöneticisi rolünü üstlenmekteyim.

