

*Araştırma Makalesi*

**RFID SİSTEMLERİ İLE DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE  
KONUM BELİRLEMEDE KULLANILACAK YÖNTEM VE  
TEKNOLOJİLERE GENEL BAKIŞ\***

**Hüseyin Cahit TOSUN<sup>1</sup>**

**Prof. Dr. Abdül Halim ZAIM<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Küçükyaalı, İstanbul, Türkiye, cahit\_tosun@hotmail.com, orcid.org/0000-0002-0911-9003

<sup>2</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Küçükyaalı,  
İstanbul, Türkiye, azaim@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0002-0233-064X

**Öz**

RFID sistemleri otoyollar, kapı anahtarları, güvenlik kontrolleri ve konum belirleme gibi hayatımızın bir çok alanına Nesnelerin İnterneti(IoT) ismi ile nüfuz etmiştir. Nesnelerin İnterneti(IoT) ismi ile hayatımıza giren her gelişme beraberinde bu gelişmenin network ve veri tabanı ihtiyacını da birlikte getirmektedir. Toplanan ya da dağıtılan bilginin anlamlı ve hızlı olması, amacına hitap ettiği gelişimle doğru orantılı olmalıdır. RFID sistemlerin konumlandırma amacı ile kullanımı depo yönetim sistemlerine de çözüm olmaktadır. Depo yönetim sistemlerinde birçok ihtiyacın karşılığı olabilecek sistem uygulaması Endüstri 4.0 ve otomasyon sistemlerine öncülük edebilir niteliktedir. Bu araştırmada RFID sistemlerinin depo yönetimlerinde konum belirleme amacı ile kullanımı için kullanılacak yöntemler ve teknolojiler hakkında ön bilgi vermesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimler:** *IoT, GPS.*

*Research Article*

**OVERVIEW OF METHODS AND TECHNOLOGIES TO BE USED IN  
POSITIONING WITH RFID SYSTEMS IN WAREHOUSE MANAGEMENT  
SYSTEMS**

**Abstract**

RFID systems have entered many areas of our lives with the name Internet of Things (IoT), such as highways, door keys, security controls and location detection. With the name Internet of Things (IoT), every development that comes into our lives brings network and database requirements with it. The fact that the information gathered or distributed is meaningful and fast, must be directly proportional to the development it addresses. The use of RFID systems for positioning purposes is also a solution for warehouse management systems. The system application that can meet many needs in warehouse management systems can lead the Industry 4.0 and automation systems. In this research, it is aimed to give preliminary information about the methods and technologies to be used for the location determination of RFID systems in warehouse management.

**Key words:** *IoT, GPS.*

\* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Konuma Bağlı Depo Yönetim Sistemlerinde RFID Ve Barkod Yöntemlerinin Karşılaştırılması" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi: 23/05/2018

Accepted / Kabul tarihi: 22/06/2018

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

cahit\_tosun@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Dünya çapında Endüstri 4.0 devri sayılacak ülkeler insansız teknolojilere yatırım yapmakta ve bu alanda daha öteye nasıl geçebiliriz için AR&GE bütçeleri ayırmaktadır. Dünya genelinde AR&GE bütçesi %4.5 değerlerine çıkmış iken ülkemizde bu rakam %1 altında seyretmektedir. Bu kısıtlı bütçe ile insansız teknolojilere yapılacak yatırımların önemi ülkemiz için çok daha büyük bir önem arz etmektedir. RFID sistemlere yapılacak doğru yatırımlar düşük bütçeli işlerin çıkmasına yol açacaktır. RFID sistemi ile konum belirleme işlemi için gereken doğru yazılım teknolojileri bütçe yükünü hafifletmekte önemli rol oynamaktadır. Araştırmanın 2. Kısımında RFID teknolojisi ve sistemleri incelenmektedir. 3. Kısımda depo yönetim sistemlerine değinilmektedir. 4. Kısımda RFID etiketlerinin konumlandırılmasında hesaplama yöntemleri belirtilmektedir. 5. Kısımda RFID sisteminde önerilen yazılım teknolojileri ve karşılaştırmalara değinilmektedir. Sonuç kısmında bu teknolojilerin depo yönetim sistemlerinde kullanımı neticesinde oluşacak faydalar özetlenmektedir.

## 2. RFID TEKNOLOJİSİ

(Khong ve White, 2005) a göre RFID, bir nesne veya kişiye ait tanıma bilgisini (benzersiz seri sayı biçiminde) kablosuz bir şekilde radyo dalgaları ile iletme için kullanılan sistemleri tanımlamak amacıyla ifade edilen genel bir terimdir.

### 2.1. RFID Etiketleri

(Bouet ve Santos, 2008)'un belirttiği gibi RFID etiketleri Aktif, Pasif ve Yarı Pasif olmak üzere 3 kategori altında toplanır.

a) Aktif RFID etiketleri: Donanım üzerinde bir güç kaynağı bulundurulur. Bu güç kaynağı RF iletişim devresini güçlendirmek içindir. Okuyucular bu güç ünitesi sayesinde düşük seviye sinyal iletirler ve etiket bu sinyale yüksek seviye sinyal ile cevap verebilir. Aktif etiketler aynı zamanda hafıza, sensör ya da şifreleyici gibi ilave özellikleri de bünyesinde barındırabilir.

b) Pasif RFID etiketleri: Aktif etikete olduğunun aksine yerleşik bir güç kaynağına sahip değildir. Genel olarak antenden gelen güçlü sinyali geri yansıtma özelliğine sahiptir. Pasif etiketler küçük ölçekli ve ucuz etiketlerdir ancak limitli yeteneklere sahiptirler.

c) Yarı Pasif RFID Etiketleri: Yapısal olarak aktif RFID etiketleri gibi olsalar da iletişim şekli pasif etiketler gibidir.

### 2.2. RFID Sistemleri

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. 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, (Demiral vd. 2013). RFID Sistemler şekil 1 de gösterildiği gibi taşıyıcı üzerine yerleştirilmiş bir etiket, RFID okuyucu anten ve bu anten ile iletişimde olan bir sunucu şeklinde düşünülebilir (Demiral vd. 2013). RFID okuyucular iki arayüze sahiptir, (Bouet ve Santos, 2008). Birincisi, etiketlerle iletişime geçen ve etiketten bilgi alınması için sinyal dağıtımı ve toplanması işini yapan RF arayüzüdür. İkincisi, genellikle sunucu ile iletişime geçtiği IEEE 802.11 veya 802.3 iletişim protokolleridir (Bouet ve Santos, 2008).



Şekil 1. RFID Sistem Bileşenleri (Demiral vd. 2013)

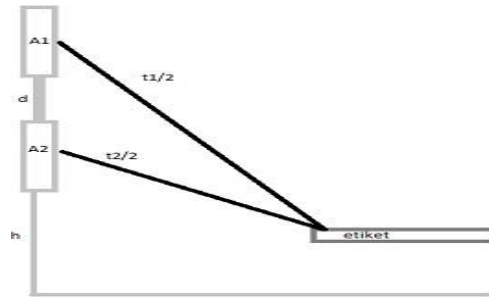
### 3. DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİ

WMS (Warehouse Management System) yani depo yönetim sistemi; mamul, yarı mamul, ham madde ve son yıllarda eklenen yeni bir kalem olarak basılı evrakların depo olarak tarif edilen tesis içerisinde takibini sağlayan ve depolanan kalemler ile birlikte kaynakların operasyon ihtiyacına göre en doğru ve verimli biçimde kullanılmasını sağlayan metodolojiler ve yazılım bütünüdür. Depo yönetim sistemlerinde süreçler, ana veri tanımları, giriş hareketleri, depo için hareketleri ve çıkış hareketleri olarak kategorize edilebilir.

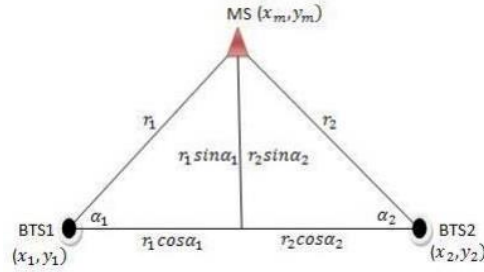
### 4. KONUMLANDIRMADA HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

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, (Simsim vd, 2006). Etiket'in 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) dır. (Hua vd, 2013; Niculescu ve Nath, 2003). 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 2. RFID TOA Kurgusu



Şekil 3. RFID AOA Kurgusu

#### 4.1. 2 Boyutlu Düzlemde RFID Konum Belirleme

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 4 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, (Ni vd, 2004, Demiral vd. 2013). Bir diğer konum belirleme yöntemi TdoA(Time Difference of Arrival/ Varış Süresi Farkı) yöntemidir, (Bouet ve Dos Santos, 2008). Bu yöntem okuyucuların almış olduğu sinyallerin arasında geçen süre hesaplamasıdır (Stelzer vd, 2004). Fakat çalışmalar göstermiştir ki bulunan ortamdaki değişkenler ve işlem yapan mikro denetleyicinin oluşturduğu zaman farklılıkları hatapayını çok arttırmaktadır. Tüm bu çalışmalar temelde nesnenin 2 boyutlu düzlemdeki konumunu vermektedir. Farklı tip çalışmalar Tablo 1 deki gibidir (Demiral vd. 2013).

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

Şekil 4. RSSI Kalite İlişkisi

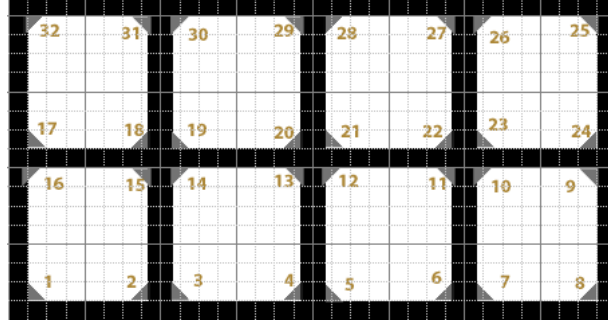
**Tablo 1.**Konum Belirlemede Örnek Çalışmalar (Demiral vd. 2013)

Referans	Kullanılan Yöntem (Açıklama)	Doğruluk
SpotOn (J. Hightower vd. 2000)	RSSI değerleri kullanılarak üçgenleme metodu ile konum kestirme	3 m
(Bechteler ve Yenigün 2003)	3 okuyucu ile RSSI değerleri kullanılarak üçgenleme metodu 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

#### 4.2. 3 Boyutlu Düzlemde RFID Konum Belirleme

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. TDOA(Time Difference of Arrival/Geliş zamanı) aynı dikey konumdaki ve farklı yükseklikteki antenlerin okumuş olduğu sinyalin geliş sürelerinin hesaplanması açısıl

değeri ortaya çıkartmaktadır (Yin vd, 2016). İlgili tüm antenlerde yer alan bu ilave anten sayesinde etikete sahip nesnenin konumunu kestirmek mümkündür.



Şekil 5. UHF Anten Konumlandırma Haritası

## 5. RFID SİSTEMLERİNDE KULLANILAN YAZILIM TEKNOLOJİLERİ

UHF Antenlerin üreteceği bilginin işlem göreceği veritabanına aktarılması için her bir antenin göndereceği bilginin gönderdim cevabını beklemesi sistemin yükünü arttıracak ve gerçek zamanlı işlem deneyiminden uzaklaştıracaktır. Bu sebeple farklı ara çözümlerin kullanımı sistemin hız ve maliyetlerini olumlu yönde etkileyecektir. Sistemin amacı isteklerin mesajlar halinde kuyruğa alınmasını sağlamaktır. Bu sayede 5 katmanlı bir yapı inşa etmek mümkün olacaktır.

### 5.1. Donanım Katmanı

1. Katman donanım katmanı olan UHF antenlerdir ve bu antenler üzerinde yer alan mikro işlemciler sayesinde antenden alınan değer RabbitMQ da belirlenen kuyruğa atılması sağlanacaktır. Kuyruk yapısı, sistemin doğası gereği sadece string(cümle) bilgisi kabul etmektedir. Bu durumda devreye JSON girmektedir. Göndermek istenilen bilgi model olarak düşünölmeli ve model içerisinde minimum işe yarayacak öğeler ile JSON mesajı oluşturulmalıdır.

#### 5.1.1 RFID Anten

RFID anten tercihi pasif etiketlerin kullanımından ötürü UHF anten olarak belirlenmiştir.

#### 5.1.2 RFID Anten Entegrasyonu

Anten entegre devresi ARDUINO olarak belirlenmiştir. Bu uygulama sonucunda elde edilen veriler ile uygun devre entegre devresi belirlenebilir. Bu uygunluk maddi ya da çevresel durumlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

## 5.2. Mesaj Kuyruğu Katmanı

RFID antenlerden edinilen bilginin sunucuya taşınması işlemi için senkron bir sistemin kurgulanması her etiket okumanın ardından sunucuda sıra beklemek anlamına gelecektir. Buna çözüm olarak orta katman bir mesaj yapısı asenkron olarak kurgulanmıştır. Asenkron olma amacı mesajların iletirme talebinin ardından antene bağlı devre kartının işlem sırası beklememesidir. Bu alanda kendini ispatlamış farklı ürünlere ilişkin araştırmalar incelenmiştir. “Comparative Study of Middleware solutions For Control and Monitoring systems” araştırmasının sonucunda elde edilen bilgiler ile C# yazılım dilini desteklemesi ve MQTT protokolünü üzerinde barındırmasından ötürü RabbitMQ tercih edilmiştir. Burada mesaj kuyruğu aynı zamanda kayıt atabilen ve kayıt okuyabilen bir servise sahiptir. Kayıt atılması ve okunması işlemleri birer talep yapısı ile çalışmaktadır. Gönderilen komutun yayın ya da abonelik mantığı ile kayıtların kuyruğa atılması ya da kuyruktan çekilmesi bilgilerini içermesi gerekir. Kuyruğa atılması gereken JSON paketi bilgiler RFID Konum belirleme sistemlerinde minimum olarak aşağıdaki maddeleri içermelidir.

- Anten Grubu
- RSSI
- Anten Numarası
- Barkod
- OkumaTarihi

Şekil 6. da örnek bir JSON datası gösterilmektedir. Tablo 2 de karşılaştırmalara yer verilmiştir. Bu bilgilerin kuyruktan alınması için 3. Katman olan servis katmanı devreye girmektedir.

```
{  
  "AntenGrup": "AG1",  
  "RSSI": "87",  
  "AntenNumarasi": "AG1_2041175501",  
  "Barkod": "326D423D-B2E1-4F61-92F0-0B8C00471D14",  
  "OkumaTarihi": "2018-05-19T17:26:56.1363464+03:00"  
}
```

Şekil 6. JSON Mesajı

## 5.3. Servis Katmanı

Servis katmanı muhtelif kuyruklardaki kayıt altındaki bilgileri asenkron olarak okur ve JSON mesajlarını anlamlı modellere çevirir. Anlamlı model denilmesindeki amaç nesne tabanlı programlama da haritalanmış nesnelere anlamına gelir. Bu sayede daha akıcı bir yazılım ortaya çıkacak ve yazılım bakım maliyetleri de okunabilir yazılımlar sayesinde aşağıya düşecektir. 3. Katman olan servis katmanının bir diğer amacı ise almış olduğu bilgileri 4. Katman olan veritabanı katmanına aktarmaktır. Servis katmanında yazılım dili C# olarak belirlenmiştir. Bu dilin tercih edilme sebebi tamamen bilgi birikimi ile alakalıdır.



Tablo 2. Mesaj Kuyruğu Ürünleri Karşılaştırması

Ortaklar/ Özellikler	ZeroMQ	RabbitMQ	Apache Qpid	YAMI4	Mosquitto
<b>Geliştirme Dili</b>	C++	Erlang	JAVA, C++	C++, Objective C	C
<b>Çıkış Yılı</b>	2007	2007	2005	2010	2009
<b>Kullanılan Uygulamalar</b>	Hootsuite Mongrel, Zato, Zero Cache	UIDAI, Google Compute Engine, Mozilla, AT&T	PowerVC IBM Power Virtualization Center	Intel Galileo	Facebook Messenger, Mobile Platforms
<b>Broker/ Brokerless</b>	Brokerless	Brokered	SEMI	SEMI	Brokered
<b>Desteklediği Mesaj Deseni</b>	Request-Response, Pub-sub, Workload distribution	Request-Response, Pub-sub	Request-Response, Pub-sub	Request-Response, Pub-sub	Only Pub-sub
<b>Devamlılık</b>	YOK	VAR	VAR	YOK	VAR
<b>Hafif Yük</b>	EDET	HAYIR	HAYIR	EDET	EDET
<b>Protokoller</b>	ZMTP	AMQP, MQTT, REST, STOMP, STOMP over websockets, XMPP over gateway	AMQP	YAMI4- a WIRE level protocol	MQTT, Websocket
<b>Kuyruk Önemi</b>	YOK	VAR	VAR	VAR	YOK
<b>Lisanslama</b>	LGPLv3 with a static linking exception	Open Source for Development and Commercial for Support	Open Source (Apache 2.0)	GPL (open source applications) & Commercial License (closed source)	Open Source (EPL/EDL)

#### 5.4. Veri Tabanı Katmanı

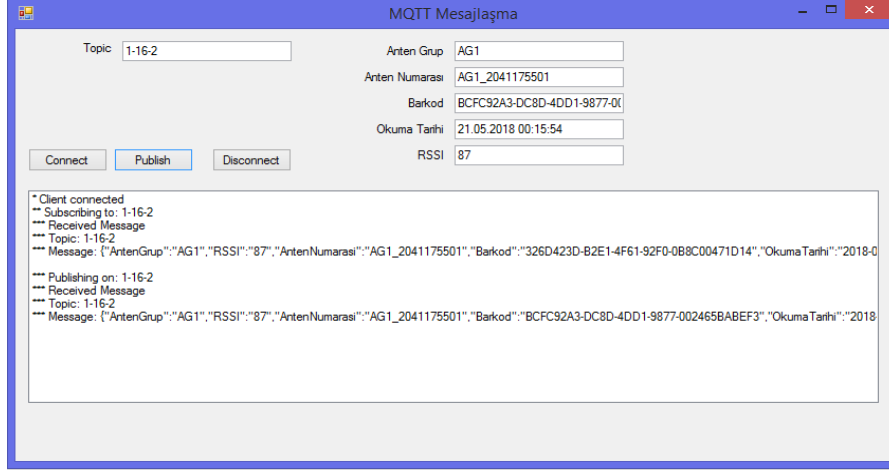
Tablo 3 de yer alan özellikler ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak Veritabanı katmanında özellikle NoSQL tipindeki bir veritabanı tercih edilmiştir. NoSQL veritabanları yapıları gereği ilişkisel veriler barındırmamaktadır ve ilişkiler ya cache ortamlarında ya da yazılımın içinde sağlanmaktadır (Ribeiro vd, 2017). Güncel teknolojiler üzerinde yapılan araştırmalarda MongoDB ücretsiz olması ve geliştirici kolaylıkları göz önünden bulundurularak tercih edilmiştir. MongoDB katmanı verinin saklandığı JSON tipinde veri saklayan dosya bazlı sistemdir. MongoDB tercih edilme sebebi araştırmaların özellikle sorgulama da ciddi avantajları olduğunu göstermektedir.

**Tablo 3.** NoSQL Ve İlişkisel Veritabanı Karşılaştırması

Özellik	NoSQL	RDMS
Performans	Güçlü	Zayıf
Güvenilirlik	Zayıf	Güçlü
Erişilebilirlik	Güçlü	Güçlü
Tutarlılık	Zayıf	Güçlü
Veri Alanı	Optimize	Orta Ölçekli
Ölçeklenebilir	Güçlü	Güçlü(Pahalı)

#### 5.5. Kullanıcı Arayüzü

Anlamlandırılmamış her bilgi sadece yer kaplayan bilgidir mantığı ile düşünülmesi ve anlamlandırma işlemini kullanıcı isteğine göre değerlendirilmelidir. Örneğin kullanıcılarımız RFID sistemini depo yönetim sistemi üzerinde kullanacak ise bu sistemin mutlaka depo sayım özelliği de olmalıdır. Bu durumda kullanıcı çalıştırmak istediği bu raporu belirli tarih aralıklı olarak seçebilir, bu durumda MongoDB nin hızlı sorgulama yeteneği ve kullanıcı arayüzünde RSSI değerlerinin mantıklı bir çerçeve de işlenmesi sağlanacak ve değerler kullanıcıya özet raporlar ya da iş küpleri halinde geri dönecektir. Yazılım dili olarak C# tercih edilmiştir. Şekil 7 de uygulamanın ir ekran örneği verilmiştir.



Şekil 7. Kullanıcı Arayüzü

## 6. SONUÇ

Pek çok alanda kullanımda olan RFID sistemler bu makalenin devamı niteliğindeki çalışma da depo yönetim sistemlerinde de kullanılacak şekilde kurgulanmıştır. Depo yönetim sistemlerinin ihtiyaçları mevcut standart barkod yapısı ve süreçleri göz önüne alındığında standart barkodlara istinaden daha güçlü bir kurguya sahiptir. Teknolojik açıdan da değerlendirildiğinde özellikle depo yönetim sistemlerinin genel yoğunluğu ve iş süreçlerinin zamansal kayıpları RFID sistemleri ile telafi edilebilir durumdadır. Kullanılan ya da kullanılacak teknolojilerin değerlendirmeleri güncel örnekler üzerinde değerlendirilmiş ve en verimli oldukları alanlara göre seçilmiştir. RabbitMQ, MongoDB ve MQTT üçlüsünün sağlayacağı imkanlar ile standart barkod sistemleri çok geride kalabilir. 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 çalışanının 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.

#### KAYNAKLAR

- Bouet, M., and Dos Santos, A. L.,** (2008), “RFID tags: Positioning principles and localizatin techniques” 2008 1st IFIP Wireless Days, Dubai,1-5.
- Demiral, E., Karas, İ.R., Turan, M.K.,** (2013), RFID sistemleri ile konum belirleme uygulamaları. 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultay, Ankara.
- Hua, M. C., Peng, G. C., Lai, Y. J., Liu, H. C.,** (2013), “Angle of Arrival Estimation for Passive UHF RFID Tag Backscatter Signal” Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing 20-23 Aug. 2013.
- Khong, G., and White, S.,** (2005), Moving right along: Using RFID for Collection Management at the Parliamentary Library, InformationOnline 12 th Exhibition & Conference, Sydney, 1-12.
- Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., Patil, A. P.,** (2004), LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID, Wireless Networks, 701–710.
- Niculescu, D., and Nath, B.,** (2003), “Ad hoc positioning system (APS) using AOA,” in INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. IEEE Societies, 3, 1734–1743.
- Simsim, M. T., Khan, N. M., Ramer, R., Rapajic, P. B.,**(2006), “Time of Arrival Statistics in Cellular Environments,” in Proc. IEEE 63rd Vehicular Technology Conf., 2006.
- Stelzer, A., Pourvoyeur, K., Fischer A.,** (2004), Conceptand application of LPM — a novel 3-D local position measurement system. IEEE Trans. Microwave Theory Techniques; 52(12), 2664–9.

**Patro, S., Potey, M., Golhani, A.,** (2017), “Comparative study of middleware solutions for control and monitoring systems” Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 2017 Second International Conference on Computer and Communication Technologies.

**Ribeiro, J., Henrique, J., Riberio, R., Neto, R.,** (2017), “NoSQL vs relational database: A comparative study about the generation of the most frequent N-grams” 2017 4th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI).

**Yin, J., Wan, Q., Yang, S., Ho, K. C.,** (2016), “A Simple and Accurate TDOA-AOA Localization Method Using Two Stations” IEEE Signal Processing Letters, 23(1).

<https://searcherp.techtarget.com/definition/warehouse-management-system-WMS>, (Eriřim Tarihi: Mayıs, 2018).

<http://www.qstockinventory.com/blog/warehouse-management-system>, (Eriřim Tarihi: Mayıs,2018).

