




UHF-RFID Tabanlı Akıllı Kargo Yönetimi ve Gerçek Zamanlı Takip Yaklaşımı

Orhan Yaman^{1,*}  ve Mehmet Baygın² 

¹ Fırat Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye, orhanyaman@firat.edu.tr

² Ardahan Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 75000, Ardahan, Türkiye, mehmetbaygin@ardahan.edu.tr

Öz

RFID teknolojisi ortaya çıktığı ilk günden beri sürekli olarak gelişim göstermekte ve kullanıcılarına oldukça önemli avantajlar sunmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramını gerçekleştirmede oldukça önemli bir yere sahip olan RFID etiketler günümüzde birçok endüstriyel alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu etiketlerin içerisinde veri depolanabilmesi, uzaktan okunabilmesi ve internet teknolojisi ile beraber kullanılabilmesi en önemli avantajlarından. Bu çalışmada ise RFID etiketlerin farklı bir kullanım yönüne odaklanılmıştır. Önerilen sistemde hali hazırda kullanılan kargo yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ile hız, kapasite ve verimliliklerinin artırılması amaçlanmıştır. Bilindiği üzere klasik kargo yönetim sistemlerinde genellikle barkod veya karekod türünde etiketler kullanılmakta ve bu etiketler bir el terminali aracılığıyla okunmaktadır. Bu sistemlerde gerçekleştirilen tüm işlemler sürekli olarak bir çalışanın paketleri okutması ve verilerin sisteme bu yolla aktarılması mantığına göre sağlanmaktadır. Önerilen bu yaklaşımda klasik barkod veya karekod etiketlerinin yerine UHF-RFID etiket kullanılması hedeflenmiştir. Sistemde kargo gönderi şubeleri, taşıma araçları ve transfer merkezleri UHF-RFID okuyucu antenler ile donatılarak, gönderilerin otomatik, hızlı ve güvenli bir şekilde okunabilmesi sağlanmıştır. Önerilen bu yaklaşım ile özellikle zaman yönünden önemli derecede verimlilik sağlanmıştır. Elde edilen bu verimlilik simülasyon çalışmaları ile doğrulanmış ve elde edilen sonuçlar klasik yöntemlerle karşılaştırılabilir olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: UHF-RFID, Akıllı Kargo Yönetimi, Gerçek Zamanlı Takip.

UHF-RFID Based Smart Cargo Management and Real Time Tracking Approach

Abstract:

RFID technology has been developing continuously since its first day and it offers very important advances to its users. RFID tags, which have a very important place in realizing the Internet of Things (IoT) concept, are actively used in many industrial areas today. The most important advantages of these tags are that they can store data, be read remotely, and be used with internet technology. In this paper, it is focused on a different usage aspect of RFID tags. It is aimed to increase the speed, capacity and efficiency by developing the cargo management systems currently used in the proposed system. As it is known, in traditional cargo management systems, barcode or QR code tags are used and these tags are read through a hand terminal. All operations performed in these systems are provided according to the logic of an employee reading the packages and transferring the data to the system in this way. In this proposed approach, it is aimed to use UHF-RFID tags instead of classic barcode or QR code labels. In the system, cargo shipment branches, transportation vehicles and transfer centers are equipped with UHF-RFID reader antennas, allowing the shipments to be read automatically, quickly and safely. With this proposed approach, significant efficiency has been achieved especially in terms of time. This efficiency was confirmed by simulation studies and the obtained results are presented in comparison with classical methods.

Keywords: UHF-RFID, Smart Cargo Management, Real Time Tracking.

1. Giriş (Introduction)

RFID teknolojisi gündelik yaşantıya entegre olduğundan beri birçok farklı alanda tercih edilmeye başlanmış ve hayatı kolaylaştırma anlamında birçok avantaj sunmaya başlamıştır. Gerçekleştirilen

çalışmalarda, literatürde RFID tabanlı birçok çalışma mevcut olduğu görülmektedir (Figueroa, Añorga and Arrizabalaga, 2019; Chen *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2020). Bu gibi uygulamalar temelde Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı çözümler olup, sensörlerden gelen verilerin güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Bibi *et al.*, 2017; Ali and Haseeb, 2019; Fahmy *et al.*, 2019). Bu

* Sorumlu yazar. Tel: Orhan Yaman. Tel: 0539 239 7353
E-posta adresi: orhanyaman@firat.edu.tr

Alındı : 2 Temmuz 2020
Revizyon : 25 Ağustos 2020
Kabul : 8 Eylül 2020

amaçla gerçekleştirilen çalışmaların birinde gıda sektörüne yönelik RFID ve IoT tabanlı bir yöntem önerilmiştir (Sun *et al.*, 2019). Çalışmada, likör tedarik zincirine otomatik olarak bilgi yüklemek için RFID okuyucuları kullanılmış ve veriler blok zincirde saklanmıştır. Bir diğer çalışmada (Emenike, Eyk and Hoffman, 2016), RFID teknolojisi soğuk zincir lojistiğinde kullanılmıştır. Bu çalışmada RFID tabanlı ısı sensörleri kullanılarak gerçek zamanlı izleme yapılmış ve soğuk zincir yönetimi gerçekleştirilmiştir. Çin özelinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada (Bai *et al.*, 2017), tarım hayvanlarının ve ürünlerin izlenebilmesi için RFID etiketler kullanılmıştır. Bilgi toplama, takip ve izleme olanağı sağlayan bu çalışma ile oldukça önemli başarılar sağlanmıştır.

RFID teknolojisi birçok farklı alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu alanların başında da sağlık sektörü gelmektedir (Dwivedi *et al.*, 2019; Figueroa, Añorga and Arrizabalaga, 2019; Chen *et al.*, 2020). Sağlık sektörüne yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada hasta takibi ve izlenmesi RFID teknolojisi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Temel olarak yoğun bakımda yatan hastaların hayatını durumlarını incelemeye ve takip etmeye olanak sağlayan bu sistemde Near Field Communication (NFC) teknolojisinden faydalanılmıştır (Pérez, Dafonte and Gómez, 2018). Konu üzerine gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise sağlık bakımı alanında RFID teknolojisinin faydaları ve sınırlamaları incelenmiştir (Paaske *et al.*, 2017).

Diğer birçok alanda olduğu gibi kargo ve lojistik alanında da RFID teknolojisi kendisine oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır (Hsu, Shih and Wang, 2009; Wang, 2018; Wu and Huang, 2018; Giusti *et al.*,

2019). Bu alanda gerçekleştirilen bir çalışmada (Chang, Son and Oh, 2011), RFID tabanlı havayolu kargo izleme sistemi için tasarım ve uygulama geliştirilmiştir. Çalışmada takip ve izlemenin geliştirilmesi hedeflenmiş olup, elde edilen bilgiler RFID tabanlı takip sistemlerini geliştirme konusunda oldukça önemli faydalar sağlamaktadır. Lojistik alanında yapılan bir başka çalışmada ise (Baik *et al.*, 2017) depo stok yönetimi için RFID teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknolojiye ek olarak insansız hava araçları da kullanılmış olup, hava lojistiği için bir uygulama geliştirilmiştir. Bir diğer çalışmada (Ratnasari and Haji, 2018), Endonezya bölgesinde tedarik zinciri yönetiminde yer alan ve en önemli aşamalardan birisi olarak lojistik kavramı incelenmiştir. Literatürde kargo, lojistik, tarım, gıda ve sağlık alanlarının dışında kalan endüstriyel alanlarda da RFID teknolojisi aktif olarak kullanılmaktadır. Bu alanlara ait literatür çalışmalarının kısa bir özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

Gerçekleştirilen bu çalışmada önerilen yöntem ile UHF-RFID teknolojisi kargo takip ve yönetim sistemlerinde kullanılmış olup, bir simülasyon çalışması ile test edilmiştir. Önerilen bu sistem ile elde edilen bazı avantajlar maddeler halinde aşağıda verilmektedir:

- Tek tek barkod okuma yerine toplu halde paket okuma işlemi,
- Etikete gömülmüş bilgiler sayesinde paket ve kişi bilgilerinin korunması,
- UHF-RFID antenler sayesinde anlık takip sağlayabilme ve zaman ile iş gücü tasarrufu elde edilebilmesidir.

Tablo 1. RFID yönetim teknolojilerine ait literatür çalışmaların özeti (Summary of literature studies on RFID management technologies)

Alan	Referans ve Yılı	Yöntem
Sağlık	(Amendola <i>et al.</i> , 2014; Pérez, Dafonte and Gómez, 2018)	Hasta takibi için RFID teknolojisi kullanımı
Gıda, Tarım	(Abad <i>et al.</i> , 2009) (Gandino <i>et al.</i> , 2007) (Tian, 2016) (Lee and Chan, 2009) (H and Awadalla, 2018)	Soğuk zincir gıdalarda RFID etiketi kullanımı Tarım gıda zincirinde takip ve izleme Tarım gıda zinciri için takip sistemi Ters yönde lojistik için RFID teknolojisi kullanımı
Kargo, Lojistik	(Bittencourt, Valente and Lobo, 2018) (Shi <i>et al.</i> , 2020) (Linares, Anumba and Roofigari-Esfahan, 2019)	Gerçek zamanlı kargo takip yönetim sistemi Brezilya limanlarında kargo araçları için yol kontrolü Seralarda malzeme taşımacılığı için Wi-Fi pozisyonlama Endüstride siber fiziksel sistem uygulanması
Endüstri	(Fernández-Caramés <i>et al.</i> , 2018)	Envanter ve izlenebilirlik uygulamaları için İHA ve RFID yöntemi

2. Kargo Sistemleri ve RFID Teknolojisi (Cargo Systems and RFID Technology)

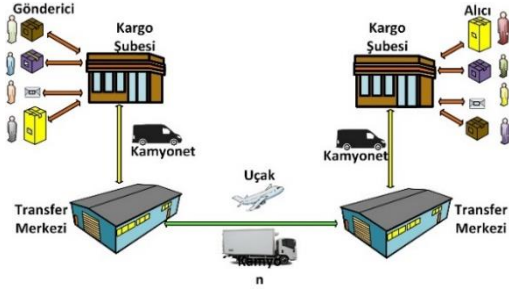
2.1. Kargo taşımacılığı (Cargo transportation)

Kargo taşımacılığı kavramı, herhangi bir malın bir yerden başka bir yere taşınması olarak adlandırılmaktadır. Kargo taşımacılığı, çok farklı ürünlerin taşınabilmesi sayesinde müşterilerine hizmet verebilen ve günümüzde insanlar için vazgeçilmez bir sistemdir. Son yıllarda kargo sistemlerinde yaşanan

gelişmeler, bu sistemlerin insanlar için daha çok tercih edilmesini sağlamıştır. Yurt içi sivil kargo taşımacılığı genellikle kara ve hava yolu ile yapılmaktadır (Elmastaş, 2006). Günümüzde yaygın olarak kullanılan kargo dağıtım sisteminin mimarisi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'de verilen kargo dağıtım mimarisine göre göndericiler kargo paketlerini kargo şubesine teslim ederler. Kargo şubesindeki görevliler kargonun

gönderici ve alıcı bilgilerini sisteme kaydederek bir barkod veya kare kod etiket oluştururlar.



Şekil 1. Kargo dağıtım sisteminin mimarisi (Architecture of the cargo distribution system)

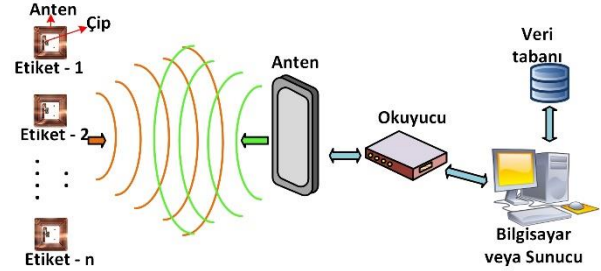
Günümüzde genellikle birçok il, ilçe ve semtte birden fazla kargo şubesi bulunmaktadır. Kargo şubeleri gün sonunda gönderilecek kargoları çeşitli araçlar vasıtasıyla transfer merkezlerine göndermektedir. Transfer merkezleri ise yurt içinde her ilde bulunmamaktadır. Genellikle belirli bölgelerde transfer merkezleri bulunmakta ve çevre illerdeki kargo şubeleri paketlerini bu transfer merkezlerine getirmektedir. Çevre illerden transfer merkezlerine getirilen kargolar hava veya karayolu ile ilgili bölgelerdeki transfer merkezlerine aktarılmaktadır. İlgili transfer merkezine gelen paketler kargo şubelerine göre sınıflandırılarak kamyonetler ile şubelere gönderilmektedir. Bu aşamadan sonra şubelere gelen paketler alıcılara teslim edilmektedir. Kargonun gönderilmesi ve teslim edilmesi sürecindeki her adımlarda barkod veya kare kod etiketleri okunarak sisteme kaydedilmektedir. Böylece gönderici ve alıcıların paketleri hakkında bilgi alabilmesi sağlanmaktadır.

2.2. RFID teknolojisi (RFID technology)

Temel olarak bir etiket üzerinde bulunan mikro işlemcinin, kimlik yapısı sayesinde radyo frekans ile izlenebilmesine RFID (Radio Frequency Identification) sistemi denilmektedir. RFID teknolojisi 1948 yılından beri kullanılmaktadır. Son yıllarda ortaya çıkan Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Akıllı Şehirler kavramı ile daha da yaygınlaşmıştır. RFID etiketler, üzerinde bulunan mikro işlemciler sayesinde yerleştirildiği ürünler hakkında birçok bilgiyi depolayabilmektedir. RFID sistemlerin öne çıkan en temel özelliklerinden biri

de GSM ve GPS gibi kablosuz bir kanal kullanılmaktadır. Ayrıca bu teknoloji manyetik kartlar gibi bazı hesaplama yeteneklerine de sahiptir. Bu manyetik sistem parmak izi, barkod, kare kod gibi diğer tanıma sistemlerinin altyapısına sahiptir.

RFID sistemleri üç ana bileşenden oluşmaktadır. Birinci bileşen, tanımlama verilerini içinde bulunduran RFID etiketi (transponder), ikinci bileşen kaydedilen veriler için etiket talep eden RFID okuyucusu (alıcı-verici) ve üçüncü bileşen ise RFID okuyucusu aracılığıyla toplanan verileri işleyen sunucu sistemidir. RFID sisteminin genel yapısı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. RFID sisteminin genel yapısı (General structure of the RFID system)

RFID anteninden gönderilen radyo frekans dalgaları RFID etiket antenini algılayarak mikroçipe iletmektedir. Aktif hale gelen mikroçip, bünyesindeki bilgileri RFID antenine göndermektedir. RFID antenine gelen veriler okuyucu aracılığı ile bilgisayara veya sunucuya iletilmektedir.

RFID sistemler Frekans türlerine göre beş ana sınıftan oluşmaktadır. Low Frequency (LF), High Frequency (HF), Very High Frequency (VHF), Ultra High Frequency (UHF) ve Microwave dir. Low Frequency 125-135 KHz frekans aralığında, High Frequency 13.56 MHz frekansında, Very High Frequency 433 MHz frekansında, Ultra High Frequency 868-930 MHz frekans aralığında ve Microwave 2.45 GHz ile 5.8 GHz frekanslarında çalışmaktadır (Kavas, 2007). RFID sisteminin kullanım alanlarına göre farklı türleri tercih edilmektedir. RFID sistemler barkod, karekod, optik karakter tanıma ve akıllı kartlar ile karşılaştırıldığında uygulama alanlarına göre avantajlı olduğu görülmektedir. RFID tabanlı sistemlerin diğer teknolojiler ile karşılaştırılması Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Literatürde kullanılan sistemler ile RFID karşılaştırması (Kavas, 2007) (Comparison of systems used in the literature with RFID)

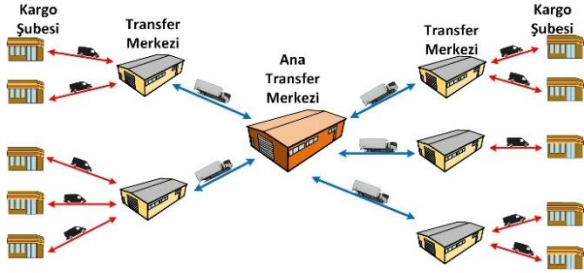
Sistem Parametreleri	Barkod	Optik Karakter Tanıma	Akıllı Kart	RFID Sistemler
Veri depolama (bytes)	1-100	1-100	16-64k	8M
Veri yoğunluğu	Düşük	Düşük	Çok yüksek	Çok yüksek
Cihaz tarafından okunabilirlik	İyi	İyi	İyi	İyi
Göz ile okunabilirlik	Sınırlı	Basit	İmkânsız	İmkânsız
Kır/Rutubet etkisi	Çok yüksek	Çok yüksek	Mümkün	Etkisiz
Kılıf etkisi	Haberleşme yetersizliği	Haberleşme yetersizliği	-	Etkisiz
Yön ve pozisyon etkisi	Düşük	Düşük	Tek yönlü	Etkisiz
Kılıf zayıflatma	Sınırlı	Sınırlı	Kontaklar	Etkisi
Yetkisiz kopyalama/düzenleme	Önemsiz	Önemsiz	İmkânsız	İmkânsız
Okuma hızı	Düşük	Düşük	Düşük	Hızlı
Alıcı verici arası uzaklık	0-50 cm	<1cm tarayıcı	Doğrudan temas	0-5m mikrodalga

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu çalışma kapsamında literatürdeki kargo taşımacılığı sistemleri araştırılarak kargo sistemlerinin genel mimarileri hakkında bilgi edinilmiştir. Genel olarak karayolu ve havayolu taşımacılığı mevcuttur. Literatürde kargo taşımacılığı ile ilgili temel olarak 3 farklı senaryo mevcuttur (Elmastaş, 2006). Bu senaryolara ait detaylar alt bölümler halinde sunulmuştur. Bu senaryolar en çok tercih edilen kargo taşımacılığı mimarisidir. Günümüzde kargo taşımacılığında genellikle bir veya iki ana transfer merkezi bulunmaktadır. Bu ana transfer merkezleri karayolu veya havayolu kargo altyapısını kullanmaktadır. Tüm bu senaryolar ile ilgili detaylı bilgiler alt bölümler halinde sunulmuştur.

3.1. Durum 1 (Case 1)

Bir ana transfer merkezine sahip karayolu kargo mimarisi Şekil 3'te verilmiştir.

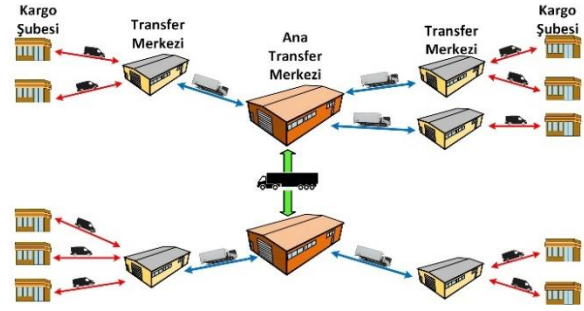


Şekil 3. Bir ana transfer merkezine sahip karayolu kargo mimarisi (Highway cargo architecture with a main transfer center)

Kargo sistemlerinde ilk önce müşteriler göndermek istedikleri paketleri kargo şubelerine getirmektedir. Kargo şubelerinde kayıt altına alınan bu paketler gönderilmeye hazır hale getirilir. Gün sonunda kargo şubelerinde toplanan paketler kamyonetler ile transfer merkezlerine aktarılmaktadır. Onlarca kargo şubelerinden gelen kargolar transfer merkezlerinde toplanarak büyük kamyonlar ile ana transfer merkezine aktarılmaktadır. Ana transfer merkezine gelen tüm paketler ayrıştırılarak hedeflerine uygun transfer merkezlerine iletilmektedir. Transfer merkezlerine gelen paketler alıcılara teslim edilmek üzere uygun kargo şubelerine gönderilmektedir.

3.2. Durum 2 (Case 2)

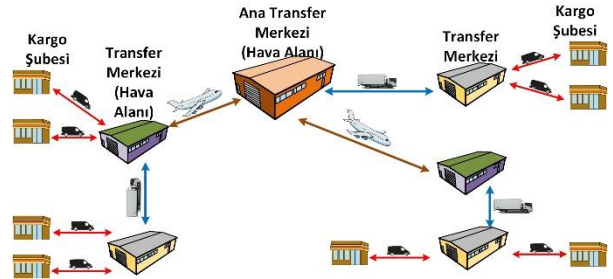
Bu senaryoda ise Durum 1'e göre iki ana transfer merkezi bulunmaktadır. Mevcut kargo ağ alanı iki ana bölgeye bölünerek taşımacılık planlaması yapılmaktadır. İki ana transfer merkezine sahip karayolu kargo mimarisi ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. İki ana transfer merkezine sahip karayolu kargo mimarisi (Highway cargo architecture with two main transfer centers)

3.3. Durum 3 (Case 3)

Bu senaryoda ise Durum 1 ve Durum 2 ye göre hem kara yolu hem de hava yolu ulaşımı kullanılmıştır. Kargo şubelerinden transfer merkezlerine gelen paketler ayrıştırılarak teslim edilecekleri noktanın uzaklığına göre karayolu veya havayolu ulaşımını kullanmaktadır. Bu senaryoda da bir ana transfer merkezi bulunmaktadır. Bir ana transfer merkezine sahip karayolu ve havayolu kargo mimarisi ise Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Bir ana transfer merkezine sahip karayolu ve havayolu kargo mimarisi (Highway and airline cargo architecture with a main transfer center)

3.4. Simülasyon Parametreleri (Simulation Parameters)

Bu çalışmada kullanılan üç farklı senaryo için RFID mimarisi önerilerek akıllı kargo yaklaşımı geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımın üç farklı senaryo için uygulanabilirliği açıklanmıştır. Önerilen yöntemin simülasyonu MATLAB ortamında yapılmıştır. Üç farklı senaryo için simülasyon parametreleri Tablo 3'te ki gibi belirlenmiştir.

Tablo 3'te verilen parametre değerleri literatür araştırmaları sonucunda belirlenmiştir. Kargo şubesi sayısı Durum 1 için 969, Durum 2 için 973 ve Durum 3 için 979 olarak belirlenmiştir. Transfer merkezi sayısı ise Durum 1 için 30, Durum 2 için 25 ve Durum 3 için 20 olarak belirlenmiştir. Ana transfer merkezi sayısı ise sırasıyla 1, 2 ve 1 olarak belirlenmiştir. Toplamda tüm Durumlar için 1000 adet hareket noktası tanımlanmıştır.

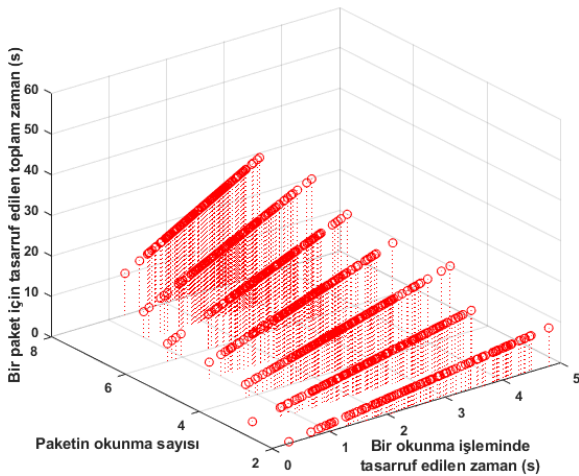
Yukarıdaki şekillerde verilen Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 kargo modelleri yapısına göre 1 paket için en az okuma sayısı 2 olarak belirlenmiştir. Bir paket için en çok okunan sayısı Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 için sırasıyla 8, 10 ve 12 olarak verilmiştir. Barkod okuma sisteminin RFID etiket sistemine göre daha fazla zaman aldığı bilindiğinden dolayı RFID etiket sisteminin tercih edilmesi ile bir paket için tasarruf edilen süre 5 saniye olarak belirlenmiştir. Simülasyonda üç Durum için de bir paket için tasarruf edilen süre 0 ile 5 saniye arasında rastgele seçilmektedir. 3 Durum için paket sayısı 1000 seçilerek simülasyon sonuçları alınmıştır.

Tablo 3. Senaryolar için belirlenen parametreler (Parameters set for scenarios)

	Durum 1	Durum 2	Durum 3
Kargo Şubesi Sayısı	969	973	979
Transfer Merkezi Sayısı	30	25	20
Ana Transfer Merkezi Sayısı	1	2	1
1 Paketin en az okunma sayısı	2	2	2
1 Paketin en çok okunma sayısı	8	10	12
1 Paketin okunmasında tasarruf edilen minimum süre (sn)	0	0	0
1 Paketin okunmasında tasarruf edilen maksimum süre (sn)	5	5	5
Test edilen maksimum paket sayısı	1000	1000	1000

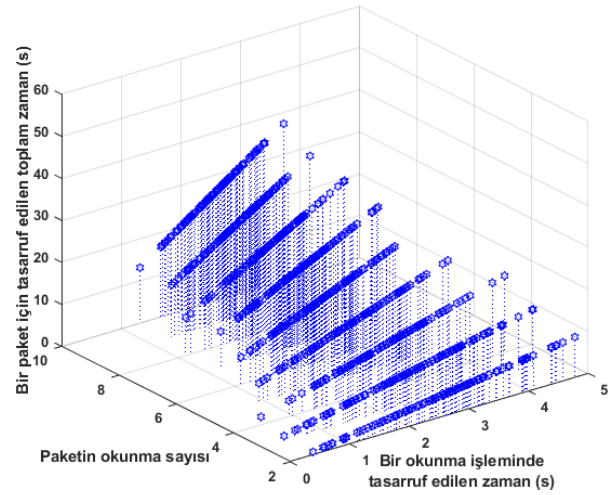
4. Bulgular ve Tartışma (Discussion and Results)

Tablo 3' te verilen parametreler kullanılarak MATLAB ortamında tüm senaryolar simüle edilmiştir. 1000 paket için ve Durum 1 parametreleri kullanılarak elde edilen senaryo sonucu Şekil 6'da sunulmuştur.



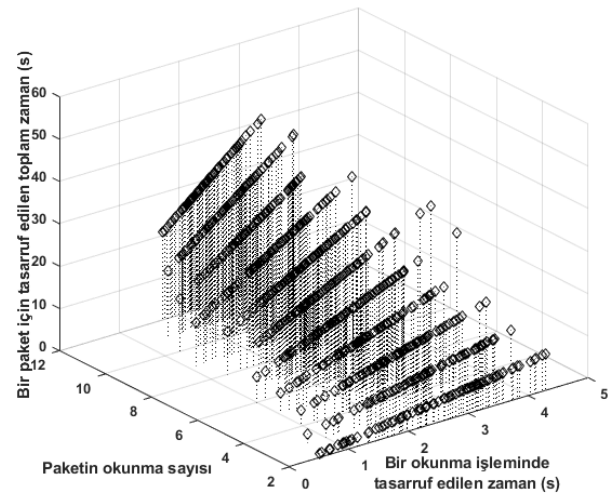
Şekil 6. Durum 1 senaryo sonucu (Case 1 scenario result)

Şekil 6'da görüldüğü gibi bir paket için toplamda 2 ile 8 arasında okunma sayısı mevcuttur. Bir paket en yakın şubeye gönderilecekse RFID etiketinin minimum 2, en uzun mesafedeki şubeye gönderilecekse maksimum 8 defa okunacağı ön görülmektedir. Paketin RFID etiketi okunurken barkod sistemine göre tasarruf edilecek süre 0 ile 5 saniye arasında rastgele belirlenmiştir. Şekil 6'dan da anlaşılacağı gibi paketin hangi şubeye gideceği yani RFID etiketinin okunma sayısı tasarruf etme zamanını doğru oranda etkilemektedir. Durum 2 parametreleri kullanılarak elde edilen senaryo sonucu Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Durum 2 senaryo sonucu (Case 2 scenario result)

Şekil 7'de verilen Durum 2 senaryo sonucuna göre RFID etiket okunma sayısı 2 ile 10 arasında değişmektedir. Burada RFID okunma sayısı Durum 1'e göre daha fazla olduğu için tasarruf edilen zaman da fazladır. Durum 3 parametreleri kullanılarak elde edilen senaryo sonucu Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. Durum 3 senaryo sonucu (Case 3 scenario result)

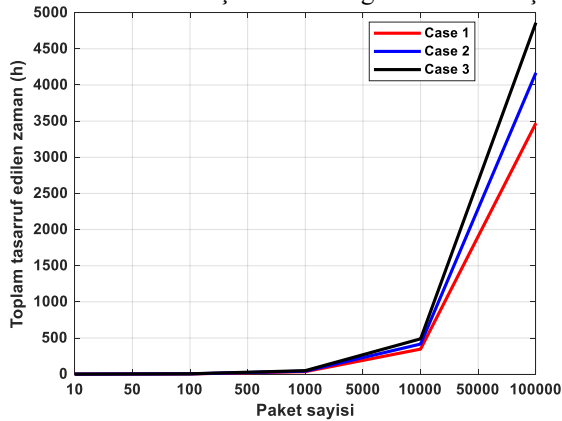
Şekil 8’de verilen Durum 3 senaryo sonucuna göre RFID etiket okunma sayısı 2 ile 12 arasında değişmektedir. Burada bir paket için RFID etiket okuma ihtimali Durum 1 ve Durum 2 ye göre daha fazla olduğu için tasarruf edilen zaman daha fazladır.

Bu çalışmada Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 için geliştirilen simülasyon uygulaması, 1000 iterasyon boyunca çalıştırılarak bir paket için toplam tasarruf edilen zaman, ortalama okunma sayısı ve bir paketin bir defa okunmasındaki tasarruf edilen zamana ait sonuçlar elde edilmiş olup, Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Tüm durumlar için elde edilen sonuçlar (Results for all scenarios)

		Durum 1	Durum 2	Durum 3
Bir paket için toplam tasarruf edilen zaman	Max	13.14	15.89	18.38
	Min	11.79	14.32	16.61
	Ort	12.49	14.99	17.48
	Std	0.18	0.23	0.28
Bir paketin ortalama okunma sayısı	Max	5.20	6.26	7.28
	Min	4.77	5.71	6.71
	Ort	4.99	5.99	6.99
	Std	0.06	0.08	0.09
Bir paketin bir defa okunmasındaki tasarruf edilen zaman	Max	2.58	2.57	2.56
	Min	2.42	2.43	2.43
	Ort	2.49	2.50	2.49
	Std	0.02	0.02	0.02

Tablo 4’ teki sonuçlar incelendiğinde bir paket için toplam tasarruf edilen zaman Durum 1’den Durum 3’e doğru gidildikçe artmaktadır. Bunun nedeni Durum 3’te toplam RFID etiket okunma sayısının diğer durumlardan daha fazla olmasıdır. Bir paketin okunma sayısı ve bir paketin bir defa okunmasındaki tasarruf edilen zaman Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 için hesaplanarak 1000 iterasyon sonucundaki maksimum, minimum, ortalama standart ve sapma değerleri hesaplanmıştır. Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 senaryoları için oluşturulan simülasyonda 10 ile 100000 paket arasında örnek durumlar kullanılarak toplam tasarruf edilen zaman Şekil 9’da ki gibi elde edilmiştir.



Şekil 9. Paket sayısına göre toplam tasarruf edilen zaman (Total time saved by the number of packages)

Şekil 9’da paket sayısına göre toplam tasarruf edilen zaman Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 için 0 ile 1000 paket arası hesaplanmıştır. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere paket sayısı arttıkça RFID etiket sistemlerinin de avantajı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada barkod sistemi ile RFID sistemi arasındaki zaman tasarrufu 0 ile 5 saniye arasında seçilmiştir. RFID etiket sistemlerinde, barkod sisteminde olduğu gibi her paketin el terminali aracılığıyla tek tek temas ettirilip okutulmasına ihtiyaç yoktur. Raflarda veya yerde bir arada bulunan paketler toplu olarak kolayca okunabilmektedir. Böylece bir paketin okutulmasındaki zaman tasarrufunun 5 saniyeden de fazla olacağı öngörülmektedir.

RFID etiketler ilk bakışta maliyetli bir sistem gibi görünebilmektedir. Fakat elde edilen zaman ve iş gücü tasarrufu bu etiketlerin maliyetini göz ardı etmede yeterli olmaktadır. Ayrıca bu etiketlerin yeniden programlanabilmesi ve paketten kolayca ayrılacak hale getirilmesi sayesinde etiketlerde tekrar tekrar kullanılabilir. Bu sayede ön görülen maliyet sadece ilk yatırım aşamasında önemli hale gelecektir.

Hali hazırda ticari olarak kullanılan birçok RFID teknolojisi mevcuttur. Bu teknolojiler arasında özellikle UHF-RFID sisteminin tercih edilmesinin en önemli nedeni bu etiketlerin uzak mesafelerden antenler aracılığıyla okunabilmesidir. Özellikle paketlerin şubelerde ve transfer merkezlerinde toplu halde tutulduğu düşünüldüğünde, bu paketlerin bu alanlara girmesi halinde otomatik olarak okunabilmesi sağlanacaktır. Çalışma kapsamında önerilen bu sistemin sunduğu bazı avantajlar maddeler halinde aşağıda verildiği gibidir:

- Gönderici ve alıcı bilgilerinin 3. kişilere karşı korumaya alınması,
- Antenler aracılığıyla tek tek paket okuma yerine toplu ve hızlı okuma işlemi gerçekleştirilmesi,
- Şubede, taşıma aracında veya transfer merkezinde paketlerin anlık olarak izlenebilmesi,
- Paket okuma hızı sayesinde zaman ve iş gücü tasarrufu sağlanmasıdır.

5. Sonuçlar (Conclusions)

Kargo taşımacılığı işlemi, bir ürün veya malın noktadan noktaya teslim edilmesi işlemidir. Kargo yönetimi ise tüm bu işlemlerin oldukça hızlı, güvenilir ve problemsiz bir şekilde yerine getirilmesini amaçlayan süreçler bütünüdür. Temel olarak kişi veya kuruluşun paketini kargo şubesine teslim etmesiyle başlayan süreç, öncelikle aktarım merkezlerine gönderilmekte ve bu noktadan alıcıların bulunduğu şehre oradan ise yine gönderici ve alıcının talep ettiği şubeye doğru ilerlemektedir. Nihai olarak alıcı paketi teslim aldığı anda süreç tamamlanmakta ve işlemler sonlandırılmaktadır. Tüm bu işlemlerin ise en hızlı ve en kısa yoldan gerçekleştirilmesi oldukça önemli bir husustur. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen bu çalışmada,

gönderilerin taşınmasında, takip ve izlenmesinde kullanılan barkod veya kare kod gibi etiket sistemlerinin yerine UHF-RFID etiketlerin kullanılması önerilmiştir. Uzaktan okumaya olanak sağlayan bu sistem ile kargo şubesine, taşıma aracına veya aktarım merkezine giren her paket, otomatik bir şekilde okunabilmektedir. Temel olarak bu etiketleri okuyan antenler ile donatılan bu birimlerde, paketlerin üzerinde yer alan RFID etiketler sayesinde ürüne ait bilgiler otomatik bir şekilde çekilmekte ve hali hazırda kullanılan sistemde çekilen bilgiler eşleştirilmektedir. Çalışma kapsamında önerilen sistem kargo firmaları tarafından kullanılan sistemlere herhangi bir ek yük getirmemekte, sadece kullanılan barkod veya kare kod'un yerini almaktadır.

Önerilen sistem ile kişilik haklarının korunması kanunu kapsamında, gönderici ve alıcı kişilerin bilgileri RFID etiketlere gömüldüğü için, 3. kişiler tarafından okunabilmesi söz konusu değildir. Bu sayede kişilerin güvenliği de sağlanabilmektedir. Sistemin sunduğu en önemli avantajlardan birisi şüphesiz ki gönderilerin okunması işlemidir. Antenler aracılığıyla etiketler tam otomatik ve hızlı bir şekilde okunacağından dolayı, çalışanların bir el terminali aracılığıyla sürekli olarak barkod veya kare kodları okutmasına gerek kalmayacaktır. Şubeye, gönderi aracına veya aktarma merkezine giren her paket üzerinde yer alan RFID etiket sayesinde uzaktan okunacak ve gönderiye ait bilgiler doğrudan kargo yönetim sistemine aktararak güncelleme sağlanacaktır. Ayrıca çalışma kapsamında gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları neticesinde de bu durum doğrulanmış ve barkod veya kare kod etiket yerine kullanılan RFID etiketler sayesinde önemli ölçüde zaman ve iş gücü tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır. Toplam 3 farklı senaryonun simüle edildiği bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre her bir paketin bir okunmasında yaklaşık 2,5 sn avantaj sağlandığı tespit edilmiştir. Bu süre tek bir paket ve tek bir okuma için geçerlidir. Nitekim bir paketin en az okunma sayısı 2'dir. Buda ortalama 5 sn'ye ye tekabül etmektedir. Ayrıca kargo firmalarının tüm şubeleri ve günlük yapılan gönderi miktarları dikkate alındığında ortaya zaman ve iş gücü açısından büyük tasarruf oranları çıkmaktadır. Özellikle küçük paketlerin ve dosyaların toplu bir şekilde taşındığı düşünüldüğünde, bunların tek tek barkod okuyucu ile okutulması işlemi ortadan kalkmakta ve RFID okuyucular ile birkaç saniye içerisinde tüm paketlerin bilgileri ilgili sisteme aktarılabilir.

6. Gelecek Çalışmalar (Future Works)

Günümüzde kargo taşımacılığı dünyada birçok ülkede aktif olarak kullanılmakta ve gelişen teknolojiye bağlı olarak sürekli büyüme göstermektedir. Yaşanan teknolojik gelişmeler kargo yönetimi süreçlerini etkilemekte ve özellikle zaman ile iş gücü konusunda firmaların yeni geliştirmeler yapmasına olanak sağlamaktadır. Önerilen bu çalışmada UHF-RFID teknolojisinin kargo yönetim süreçlerine olan etkisi

simüle edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar oldukça tatmin edici olup, gelecek çalışmalara da yön verebilecek niteliktedir.

Bu kapsamda gelecek çalışmalarda önerilen yöntemin gerçek zamanlı olarak test edilmesi planlanmaktadır. Bu amaçla iki farklı karayolu aracına, iki farklı odaya (şubeler) ve daha önceden belirlenen bir lokasyona (ana transfer merkezi) UHF-RFID anten kurulması planlanmaktadır. Böylelikle önerilen yöntemin ilk test çalışmalarının yapılması ve simülasyondan elde edilen sonuçların gerçek zamanlı olarak doğrulanması hedeflenmektedir. Buradan elde edilecek sonuçlar neticesinde bir kargo firması ile anlaşma yapılarak demo testlerinin yapılması bir diğer gelecek çalışmalardandır.

Kaynaklar (References)

- Abad, E. et al. 2009 'RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain', *Journal of Food Engineering*. Elsevier Ltd, 93(4), pp. 394–399. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.02.004.
- Ali, A. and Haseeb, M. 2019 'Radio frequency identification (RFID) technology as a strategic tool towards higher performance of supply chain operations in textile and apparel industry of Malaysia', *Uncertain Supply Chain Management*, 7(2), pp. 215–226. doi: 10.5267/j.uscm.2018.10.004.
- Amendola, S. et al. 2014 'RFID technology for IoT-based personal healthcare in smart spaces', *IEEE Internet of Things Journal*. IEEE, 1(2), pp. 144–152. doi: 10.1109/JIOT.2014.2313981.
- Bai, H. et al. 2017 'Traceability technologies for farm animals and their products in China', *Food Control*. Elsevier Ltd, 79, pp. 35–43. doi: 10.1016/j.foodcont.2017.02.040.
- Baik, N.-J. et al. 'A study of Location based Air Logistics Systems with Light-ID and RFID on Drone System for Air Cargo Warehouse Case', *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, 9(4), pp. 31–37.
- Bibi, F. et al. 2017 'A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products', *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd, 62, pp. 91–103. doi: 10.1016/j.tifs.2017.01.013.
- Bittencourt, R., Valente, A. M. and Lobo, E. 2018 'Introducing a new support model for access control of road cargo vehicles at Brazilian ports through Radio Frequency Identification Technology (RFID)', *Urbe*, 10(3), pp. 576–586. doi: 10.1590/2175-3369.010.003.ao06.
- Chang, Y. S., Son, M. G. and Oh, C. H. 2011 'Design and implementation of RFID based air-cargo monitoring system', *Advanced Engineering Informatics*. Elsevier Ltd, 25(1), pp. 41–52. doi: 10.1016/j.aei.2010.05.004.
- Chen, X. et al. 2020 'Merging RFID and Blockchain Technologies to Accelerate Big Data Medical Research Based on Physiological Signals', *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, pp. 1–17. doi: 10.1155/2020/2452683.

- Dwivedi, A. D. et al. 2019 'A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for IoT', *Sensors (Switzerland)*, 19(2), pp. 1–17. doi: 10.3390/s19020326.
- Elmastaş, S. 2006 Hub location problem for air-ground transportation systems with time restrictions. doi: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2006.01.022.
- Emenike, C. C., Eyk, N. P. V. and Hoffman, A. J. 2016 'Improving Cold Chain Logistics through RFID temperature sensing and Predictive Modelling', *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC. IEEE*, pp. 2331–2338. doi: 10.1109/ITSC.2016.7795932.
- Fahmy, A. et al. 2019 'Role of RFID technology in smart city applications', 2019 3rd International Conference on Communications, Signal Processing, and their Applications, ICCSPA 2019. IEEE, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCSPA.2019.8713622.
- Fernández-Caramés, T. et al. 2018 'A UAV and Blockchain-Based System for Industry 4.0 Inventory and Traceability Applications', *Proceedings*, 4(1), p. 26. doi: 10.3390/ecsaa-5-05758.
- Figueroa, S., Añorga, J. and Arrizabalaga, S. 2019 'An attribute-based access control model in RFID systems based on blockchain decentralized applications for healthcare environments', *Computers*, 8(3), pp. 1–19. doi: 10.3390/computers8030057.
- Gandino, F. et al. 2007 'Analysis of an RFID-based information system for tracking and tracing in an agri-food chain', 2007 1st Annual RFID Eurasia, pp. 1–6. doi: 10.1109/RFIDEURASIA.2007.4368112.
- Giusti, I. et al. 2019 'Mitigation of human error consequences in general cargo handler logistics: Impact of RFID implementation', *Computers and Industrial Engineering. Elsevier*, 137(September), p. 106038. doi: 10.1016/j.cie.2019.106038.
- H, M. and Awadalla, A. 2018 'Real Time Shipment Tracking System Using RFID', *International Journal of Computers & Technology*, 17(1), pp. 7163–7180. doi: 10.24297/ijct.v17i1.7197.
- Hsu, C. I., Shih, H. H. and Wang, W. C. 2009 'Applying RFID to reduce delay in import cargo customs clearance process', *Computers and Industrial Engineering. Elsevier Ltd*, 57(2), pp. 506–519. doi: 10.1016/j.cie.2008.02.003.
- Kavas, A. 2007 'Radyo Frekans Tanımlam Sistemleri', *EMO-Elektrik mühendisliği*, (430), pp. 74–80.
- Lee, C. K. M. and Chan, T. M. 2009 'Development of RFID-based Reverse Logistics System', *Expert Systems with Applications. Elsevier Ltd*, 36(5), pp. 9299–9307. doi: 10.1016/j.eswa.2008.12.002.
- Linares, D. A., Anumba, C. and Roofigari-Esfahan, N. 2019 'Overview of Supporting Technologies for Cyber-Physical Systems Implementation in the AEC Industry', (June), pp. 495–504. doi: 10.1061/9780784482438.063.
- Paaske, S. et al. 2017 'The benefits and barriers to RFID technology in healthcare', *Online Journal of Nursing Informatics*, 21(2), pp. 1–10.
- Pérez, M. M., Dafonte, C. and Gómez, Á. 2018 'Traceability in patient healthcare through the integration of RFID technology in an ICU in a hospital', *Sensors (Switzerland)*, 18(5). doi: 10.3390/s18051627.
- Ratnasari, A. and Haji, W. H. 2018 'A Preliminary Study of Supply Chain Management for Logistics in Indonesia', *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology © 2018 IJSRCSEIT* |, 3(6), pp. 311–316.
- Shi, Y. et al. 2020 'A Wi-Fi positioning system for material transport in greenhouses', *Instrumentation Measure Metrologie*, 19(1), pp. 65–72. doi: 10.18280/i2m.190109.
- Sun, W. et al. 2019 'Application of Blockchain and RFID in Anti-counterfeiting Traceability of Liquor', 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications, ICC3 2019. IEEE, pp. 1248–1251. doi: 10.1109/ICC347050.2019.9064152.
- Sun, W. et al. 2020 'Application of Blockchain and RFID in Anti-counterfeiting Traceability of Liquor', 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICC3). IEEE, pp. 1248–1251. doi: 10.1109/iccc47050.2019.9064152.
- Tian, F. 2016 'An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology', 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management, ICSSSM 2016. IEEE, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICSSSM.2016.7538424.
- Wang, L. 2018 'Application of wireless sensor network and RFID monitoring system in airport logistics', *International Journal of Online Engineering*, 14(1), pp. 89–103. doi: 10.3991/ijoe.v14i01.8058.
- Wu, Y. and Huang, L. 2018 'Design of dynamic surveillance system for port bulk cargo entering and leaving the warehouse based on RFID technology', in *ACM International Conference Proceeding Series*. New York, New York, USA: Association for Computing Machinery, pp. 615–619. doi: 10.1145/3297156.3297225.