

# ENDÜKTİF BAĞLAŞIMLI RADYO FREKANS KİMLİK TANIMA SİSTEM OPTİMİZASYONU

Aktül KAVAS

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349, Beşiktaş, İstanbul

e-posta: [kavas@yildiz.edu.tr](mailto:kavas@yildiz.edu.tr)

*Anahtar sözcükler: RFID, aktif ve pasif etiketler, anten, endüktif bağlaşım*

## ABSTRACT

*Radio frequency identification (RFID) technology uses radio waves to automatically identify physical objects (either living beings or inanimate items). Thus, RFID is an example of automatic identification (Auto-ID) technology by which a physical object can be identified automatically.*

*RFID is also a data-collection technology. However, this technology has some unique characteristics that enable users to apply it in areas beyond the reach of traditional data-collection technologies, such as bar codes.*

*RFID systems operated in near field using 125 kHz, and 13.56MHz is more reliable in many applications where read distance is not the major factor and the systems are affected less by the degradation of RF signal as near field works on the principle of magnetic coupling.*

*This paper identifies the technical parameters of passive RFID performance, loop anten design parameters are investigated, calculations and optimizations realized at 13.56MHz.*

## 1. GİRİŞ

Radyo frekans tanımlama (RFID) sistemleri radyo frekanslarını kullanarak durağan yada hareket halinde bulunan canlılar ve nesneleri tekil veya çoğul halde tanımlamakta kullanılmaktadır. RFID sistemleri ilk olarak 1940 lı yılların başlarında İngiltere’de dost ve düşman uçaklarının tanımlanmasında kullanılmıştır. Bunu 1970 li yıllarda nükleer malzeme izleme uygulamaları takip etmiş, ticari uygulamaları 1990 lı yıllarda başlamıştır. Radyo frekans tanımlama sistemleri için spektrum kullanımı Avrupa Posta ve Telekomünikasyon Birliği(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations-CEPT) tarafından düzenlenmiş ve standartlar tanımlanmıştır. Spektrumun Türkiye’de kullanımı ise

06.03.2004 tarih 25394 sayılı Resmi gazetede yayınlanan “Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının (KET) Kurma ve Kullanma Esasları “ yönetmeliği uyarınca Telekomünikasyon Kurumu tarafından belirlenmiştir.[1]

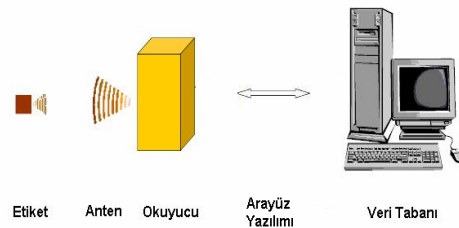
RFID sistemleri tedarik zincirinde, lojistik uygulamalarında, envanter tutulmasında, perakende satışta ödeme sistemlerinde, otoyol ve VIP geçişlerinde, erişim kontrolünde, sağlık verilerinin depolanmasında ve canlıların izlenmesinde yaygın olarak uygulama alanı bulmaktadır.

Alçak frekans bandını kullanan radyo frekans kimlik tanıma sistemleri endüktif bağlaşım prensibiyle çalışmaktadır.

Bu çalışmada endüktif bağlaşım prensibiyle çalışan pasif etiket kullanılan radyo frekans kimlik tanıma sistemleri için çerçeve anten tasarım parametreleri incelenmiş 13.56MHz frekans bandında hesaplamalar ve optimizasyon yapılmıştır.

## 2. RADYO FREKANS KİMLİK TANIMA SİSTEM BİLEŞENLERİ

Radyo frekans tanımlama sistemleri, Şekil 1 radyo frekans ile yapılan sorguları almaya ve cevaplamaya olanak tanıyan etiket(transponder), okuyucu(alıcı-verici) ve alınan bilgilerin depolandığı veri tabanından oluşmaktadır.



Şekil 1 Radyo frekans kimlik tanıma sistem bileşenleri

Radyo frekans kimlik tanıma sistem haberleşmesinde okuyucu radyo frekans sinyallerini gönderir. Okuyucunun radyo frekans alanına girmiş bulunan etiket, haberleşmesi için gerekli olan enerjiyi bu alandan alır. Etiket haberleşmesi için gerekli olan enerjiyi aldığı anda, üzerinde depolanmış bilgiye göre taşıyıcı sinyali modüle eder. Modüle edilmiş taşıyıcı etiketten okuyucuya gönderilir. Okuyucu modüle edilmiş sinyali dedekte eder, şifresini çözer ve okur. Son olarak alınan bilgi veri tabanının bulunduğu bilgisayara aktarılır.

Okuyucunun görevleri:

- Etikete enerji sağlar,
- Taşıyıcı sinyali gönderir,
- Etiket tarafından modüle edilmiş sinyali dedekte eder, şifresini çözer ve okur.

Etiketin görevleri:

- Okuyucunun gönderdiği enerjiyi alır,
- Etiket içinde depolanmış bilgiye göre taşıyıcı sinyali modüle ederek okuyucuya gönderir.

## 2.1 OKUYUCUNUN İŞLEVİ

Okuyucu etiketle haberleşebilmek için gerekli enerjiyi radyo frekans kimlik tanıma sisteminin çalışma frekansına bağlı olarak kHz ve MHz frekanslarında zamanla değişen manyetik alan yaratarak sağlamaktadır. Okuyucu ürettiği zamanla değişen manyetik alanı genellikle dairesel çerçeve anten vasıtasıyla etikete gönderir. Dairesel çerçeve antenden akım aktığında çerçeve antene dik düzlemde oluşan manyetik alan şiddeti [2],[3]

$$H = \frac{INR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (1)$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada

I = Çerçeve antenden akan akım

N = Çerçeve anten sarım sayısı

R = Anten yarıçapı

x = Anten düzlemine dik doğrultudaki alıcı uzaklığı tanımlar.

Denklemden de görüleceği üzere manyetik alan şiddeti mesafenin küpü ile ters orantılıdır. Endüktif bağlaşım prensibine dayanan radyo frekans kimlik tanıma sistemlerinde alanın mesafenin küpüyle ters orantılı olarak zayıflaması ana sınırlayıcı faktördür. Okuyucu tarafından gönderilen radyo frekans enerjisi etiketin fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için taşıyıcı sinyal içermektedir. İncelediğimiz durumda söz konusu taşıyıcı frekansı 13.56MHz dir. Taşıyıcı sinyal etikete enerji sağlamasının yanı sıra, etiketteki bilgilerin okuyucuya gönderilmesini ve haberleşmenin senkronizasyonunu sağlar. Etiket okuyucu tarafından gönderilen sinyali alır ve modüle ederek tekrar okuyucuya gönderir. Etiket tarafından gönderilen okuyucu antenine gelen sinyaller geri saçılım sinyalleri olarak adlandırılır. Okuyucu doğrultusunda

geri saçılan sinyaller okuyucu tarafından şifresi çözülerek alınır.

## 2.2 OKUYUCUNUN TASARIM VE PERFORMANSI

Pratikte kullanılan tipik bir yüksek frekans RFID okuyucu devre yapısı şekil 2 de verilmektedir.

Okuyucu aynı zamanda alıcı-verici olduğundan alıcı ve verici kısımlarını içermektedir. Verici 13.56MHz frekansında sinyali osilatörde üretir, kuvvetlendirir, filtreler ve akord devresi yardımıyla antenden etiket doğrultusunda gönderir. Alıcı kısımda ise etiketin göndermiş olduğu bilgiler zarf dedektörü ile işlenir, filtrelenir ve kuvvetlendirilerek mikro kontrolöre veri tabanına gönderilmek üzere iletilir.

(1) ifadesine göre anten yarıçapı artırıldığında manyetik alan şiddeti de artmaktadır. Diğer taraftan NI da artırıldığında H da artacaktır. Manyetik alan şiddetinin artırılması için her iki durumda da sınırlamalar mevcuttur.

Anten yarıçapı büyütüldüğü zaman okuyucu portatif özelliğini kaybedecek ve maliyeti artacaktır.

NI değeri artırıldığında okuyucu anten endüktansı artacak, yüksek endüktans yükü de büyük oranda geriye yansıyan güce sebep olacaktır.

Sonuç olarak NI çarpanını mümkün olduğu kadar küçük tutup haberleşme için gerekli manyetik alan şiddeti seviyesini elde edecek sistem tasarlanmalıdır.

## 2.3 ETİKETİN İŞLEVİ

Pasif radyo frekans kimlik tanıma etiketleri çalışması için gerekli gücü endüktif bağlaşım ile antende endüklenen gerilimden alır.

Antende endüklenen gerilim [3],[4]

$$V = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Ve magnetik akı

$$\Phi = \int B \cdot dS \quad (3)$$

olarak hesaplanır. Maksimum manyetik akı okuyucu anteni ile etiket anteninin paralel olması durumlarında elde edilir.

Etiket anteninde endüklenen maksimum gerilim

$$V = -\frac{\mu_0 N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2 + x^2)^{3/2}} \frac{di}{dt} \quad (4)$$

dir.

$N_1$  = Okuyucu anten sarım sayısı

$N_2$  = Etiket anteni sarım sayısı

$a$  = Okuyucu anten yarıçapı

$b$  = Etiket anten yarıçapı

$x$  = Okuyucu ile etiket arasındaki uzaklık

### 3. ALÇAK FREKANSTA ANTEN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

13.56 MHz de çalışan endüktif bağlaşmalı radyo frekans kimlik tanıma sistemi etiket ve alıcı sistemi için hesaplamada kullanılan değerler

$I=1A$

Alıcı verici anten yarıçapı 55cm, 7.5cm, 1cm

Alıcı verici ve etiket arasındaki uzaklık 0...20m

Etiket anten yarıçapı: 2cm

Rezonans devresi parametreleri

$L_2=3.5mH$

$R_2=5\Omega$

$R_L=1.5k\Omega$

Etiket özellikleri ISO 7810 standardına göre

85.72mmx54.03mmx0.76mm

Çalışma frekansı 13.56 MHz

alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Manyetik alan şiddetinin anten yarıçapı parametre olarak alındığında mesafeye göre değişimi şekil 3 de verilmektedir. Eğriden de görüleceği gibi çerçeve anten merkezine dik doğrultuda hareket edildiğinde merkezden uzaklaştıkça alan şiddeti azalmaktadır. Yakın alanda ( $x < R$ ) manyetik alan şiddeti belli uzaklıklara kadar sabit değer almakta daha sonra ( $x > R$ ) hızla düşmektedir. Küçük yarıçapa sahip antenler anten merkezinde büyük manyetik alan yaratırken, büyük mesafelerde  $x > R$  büyük yarıçapa sahip antenler büyük alan şiddeti yaratmaktadır. Bunun sonucu olarak RFID sistemlerinde verici/sorgulayıcı anten yarıçapları bu nedenle büyük seçilmelidir.

Manyetik alan şiddetinin mesafe parametre olarak alındığında anten yarıçapına göre değişimi şekil 4 de verilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi optimum anten yarıçapının  $R=x\sqrt{2}$  değerinde elde edildiği görülmektedir.

RFID sistemlerinde okuma mesafesini maksimum yapmak için anten yarıçapını büyütmek her zaman çözüm olmamaktadır Maksimum okuma mesafesini hesaplarken sorgulama alan şiddeti değeri de bilinmelidir. Aksi halde anten yarıçapının büyütülmesi alan şiddetinin  $x=0$  mesafesinde bile çok küçük olup sorgulama için gerekli enerjiyi sağlayamamasına sebep olur.

Verici ve okuyucu antenleri arasındaki ortak endüktansın anten yarıçapı parametre olarak alındığında mesafeye bağlı değişimi şekil 5 de verilmektedir. Ortak endüktansın mesafeye bağlı değişimi manyetik alan şiddetinin mesafeye bağlı değişimine benzemektedir.

Etiket anten yarıçapı sabit okuyucu(alıcı-verici) anten yarıçapı parametre alındığında kuplaj katsayısının mesafeye bağlı değişimi şekil 6 da verilmektedir. Ortak endüktans okuyucu ve etiket antenleri arasındaki kuplajı nicel(quantitative) olarak tanımlarken kuplaj katsayısının antenlerin geometrik boyutlarından bağımsız nitel(qualitative) olarak tanımlamaktadır. Sıfır ile Bir arasında değer alan kuplaj katsayısı  $k=0$  durumunda her iki anten

arasındaki mesafenin çok büyük olduğu ve/veya antenler arasında manyetik ekranlamanın mevcut olduğu duruma karşılık gelmektedir.  $k=1$  durumunda ise tam kuplaj söz konusudur.

13.56MHz de çalışan radyo frekans kimlik tanıma sistemi için sorgulama alan şiddetinin frekansa göre değişimi şekil 7 da verilmektedir. Okuyucu etiket haberleşmesinde okuyucunun haberleşmesi için gerekli minimum manyetik alan şiddeti bilindiğinde okuyucu ile etiket arasındaki mesafede hesaplanabilir. Etiket okuyucu ile haberleşmesi için gerekli olan rezonans frekansından sapma gösterdiğinde haberleşme için büyük manyetik alan şiddetine ihtiyaç duyulur ki bu da haberleşme mesafesinin küçülmesine sebep olmaktadır.

### 4. SONUÇ

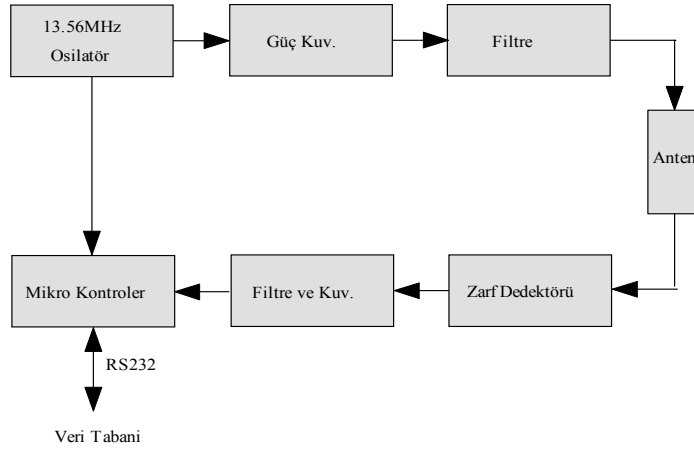
Radyo frekans kimlik tanıma sistemlerinde okuyucu antenleri küçük yarıçaplı olarak seçildiklerinde anten merkezinde büyük manyetik alan yaratırken, büyük mesafelerde  $x > R$  büyük yarıçapa sahip antenler büyük alan şiddeti yaratmaktadır. Bunun sonucu olarak RFID sistemlerinde verici/sorgulayıcı anten yarıçapları bu nedenle büyük seçilmelidir.

RFID sistemlerinde okuma mesafesini maksimum yapmak için anten yarıçapını büyütmek her zaman çözüm olmamaktadır Maksimum okuma mesafesini hesaplarken sorgulama alan şiddeti değeri de bilinmelidir. Aksi halde anten yarıçapının büyütülmesi alan şiddetinin  $x=0$  mesafesinde bile çok küçük olup sorgulama için gerekli enerjiyi sağlayamamasına sebep olur.

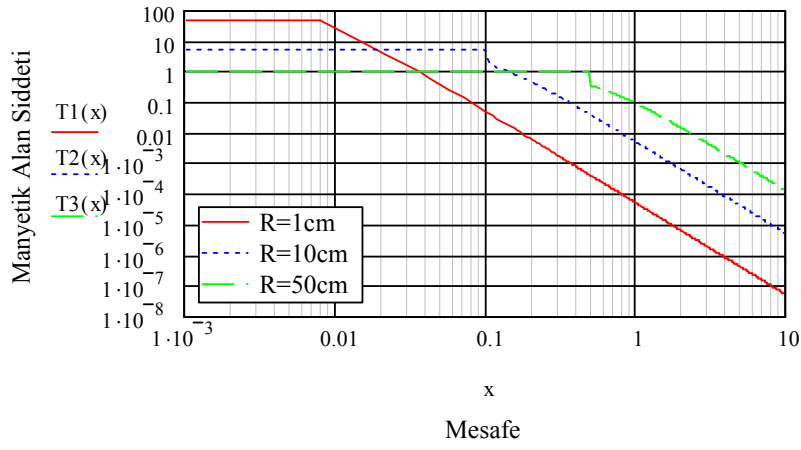
Etiket okuyucu ile haberleşmesi için gerekli olan rezonans frekansından sapma gösterdiğinde haberleşme için büyük manyetik alan şiddetine ihtiyaç duyulur ki bu da haberleşme mesafesinin küçülmesine sebep olmaktadır.

### KAYNAKLAR

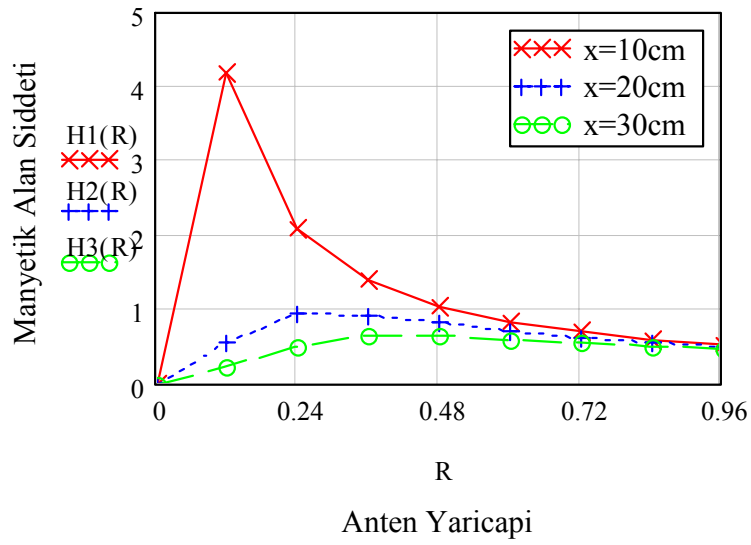
- [1] "Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının (KET) Kurma ve Kullanma Esasları " yönetmeliği 06.03.2004 tarih 25394 sayılı Resmi gazete
- [2] David M Pozar, "Microwave Engineering" John Wiley & Sons ISBN 0-471-17096-8 Second Edition 1998.
- [3] John D.Kraus,Ronald J. Marhefka "Antenna for All Applications" McGraw Hill, ISBN 0-07-232103-2 Third Edition, 2002,
- [4] Constantine A.Balanis "Antenna Theory" John Wiley & Sons,ISBN 0-471-59268-4,1997.



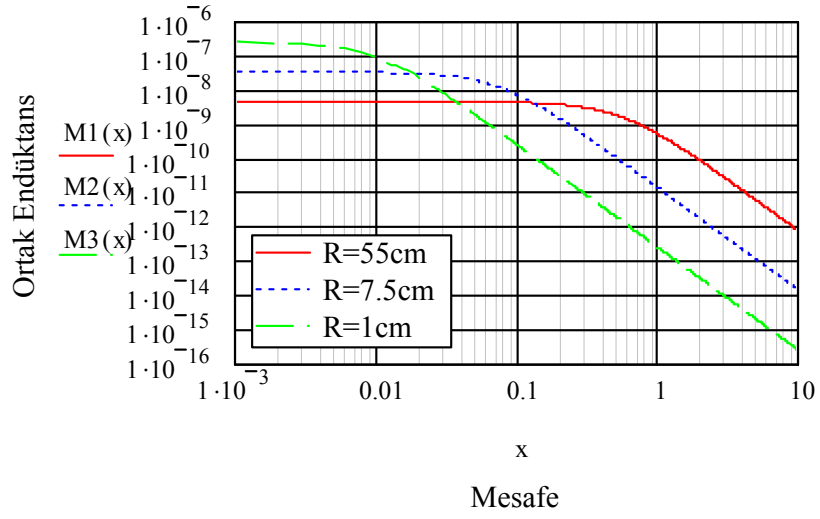
Şekil-2. RFID Okuyucu devre yapısı



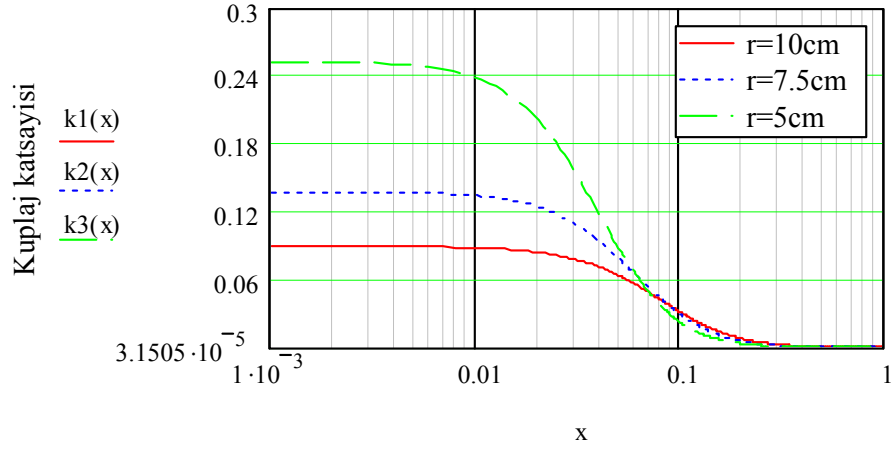
Şekil 3 Manyetik alan şiddetinin mesafeye göre değişimi



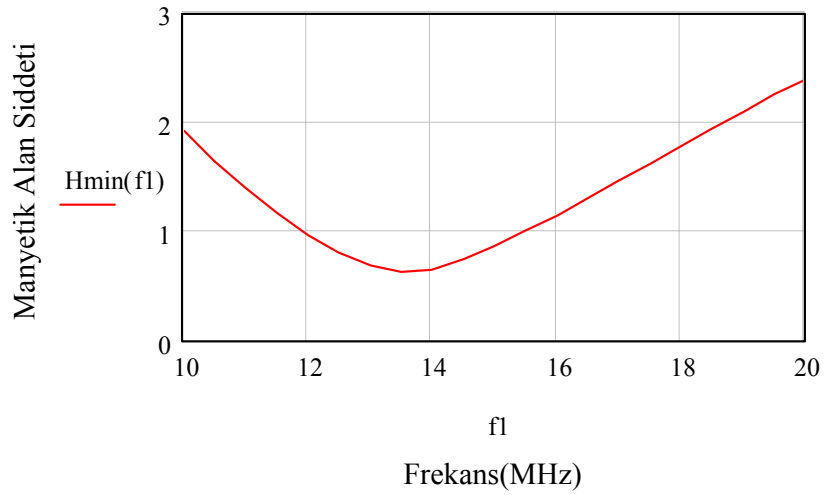
Şekil 4 Manyetik alan şiddetinin anten yarıçapına göre değişimi



Şekil 5 Ortak endüktansın mesafeye göre değişimi



Şekil-6. Kuplaj katsayısının mesafeye göre değişimi



Şekil 7 Manyetik alan şiddetinin frekansa göre değişimi