

**CERRAHİ OPERASYONLAR SONRASI HASTA
VÜCUDUNDA UNUTULAN CERRAHİ MALZEMELERİN
TESPİTİNE YÖNELİK CİHAZ TASARIMI VE İMALATI**

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO DETECT SURGICAL
MATERIALS RETAINED IN THE PATIENTS UNDER
SURGERY**

BATUHAN YARIKKAŞ

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2009

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından **BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
Prof. Dr. İnan GÜLER

Üye (Danışman) :
Yrd. Doç. Dr. İsmail Cengiz KOÇUM

Üye :
Yrd. Doç. Dr. Bülent YILMAZ

ONAY

Bu tez 5 / 6 / 2009 tarihinde, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

/ 6 /2009

Prof.Dr. Emin AKATA

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

TEŐEKKÜR

Çalıőmalarımın tüm aőamalarında danıőmanlıđını, yol gostericiliğini esirgemeyen ve sahip olduğu bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman paylaőmaktan çekinmeyen danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail Cengiz KOÇUM'a en derin saygılarımla teőekkür ederim.

Ayrıca; tez çalıőmamın tamamını yakından takip ederek her türlü desteği gösteren Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent YILMAZ'a,

her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme,

en derin saygı, sevgi ve őükranlarımı sunarım.

ÖZ

CERRAHİ OPERASYONLAR SONRASI HASTA VÜCUDUNDA UNUTULAN CERRAHİ MALZEMELERİN TESPİTİNE YÖNELİK CİHAZ TASARIMI VE İMALATI

Batuhan YARIKKAŞ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Ameliyatlar sonrasında hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemeler tüm dünyada insan sağlığı açısından tehlikeli durumlar oluşturmaktadır, hata bazı durumlarda ölümlere dahi sebep olabilmektedir. Bu problemin önüne geçmek için günümüzde çeşitli yöntemler ve ticari ürünler geliştirilmiş olmasına rağmen yeterli başarıya ulaşılamamaktadır.

Sunulan bu tezin ana hedefi ameliyatlarda hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin tespitine yarayacak, radyo frekans (RF) iletişime dayanan bir cihaz tasarlamak, imal etmek ve performans denemelerini gerçekleştirmektir. Tez çalışması kapsamında, piyasada kolaylıkla bulunabilen 433,92 ve 868 MHz frekanslarında RF sinyalleri ile çalışan alıcı-verici modüle sahip mikro işlemci kontrollü bir sistem oluşturulmuştur. Etiket adını verdiğimiz vericiler, insan karnını temsil etmek üzere içlerinde iletkenlikleri ve hacimleri birbirinden farklı su bulunan kapların ve marketten alınmış bir tavuğun içerisine yerleştirilerek ameliyathane ortamına benzer bir ortamda denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde, ayrıca, alıcı kısmında elde edilen güç değerlerinin vericinin uzaklığına bağlı olarak nasıl değiştiği de araştırılmıştır. 433,92 MHz frekansında su içerisinde yapılan denemelerde hava ortamına göre 5–10 dBm, doku denemelerinde kullanılan tavuk içerisinde ise 15–20 dBm seviyelerinde sinyal gücünde azalmalar tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar, 433,92 MHz’de çalışan etiketlerin daha iyi bir performans sergilediğini ortaya koymuştur ve tasarlanan sistemin cerrahi malzemelerin tespiti için kullanılmasının uygun olduğunu göstermiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Vücut içinde unutulmuş cerrahi malzemeler, gossypiboma, RFID, radyo frekans, kablosuz iletişim.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İsmail Cengiz KOÇUM, Başkent Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO DETECT SURGICAL MATERIALS RETAINED IN THE PATIENTS UNDER SURGERY

Batuhan YARIKKAŞ

Başkent University Institute of Science

Department of Biomedical Engineering

The retained materials during surgical procedures lead to serious complications for the patients all over the world, and can even cause death. Nowadays, even though various methods and commercial products have been developed in order to prevent surgical teams from unintentionally leaving materials inside patients, a satisfactory success could not be achieved.

The main aim of this thesis is to design, realize, and test a system based on radio-frequency communication that can detect surgical materials retained in the patients under surgery. In this thesis, two different microprocessor controlled systems that use commercially available receiver/transmitter modules operating at 433.92 and 868 MHz radio-frequency signals were developed. The transmitters, which we referred to as tags, were placed in a chicken bought from a grocery and also in the tanks that represented human abdomen. The tanks were filled with water having different volumes and conductivities. The tests were performed in an environment similar to the operating rooms. In addition, in these tests the power levels obtained at the receiver with respect to the distance to the transmitter were investigated. For 433.92 MHz tags, the power levels at the receiver decreased 5-10 dBm and 15-20 dBm when they were placed in the water and in the chicken, respectively, compared to the measurements taken in the open air. The results showed that 433.92 MHz tags performed better than 868 MHz tags. Finally, these tests demonstrated the proof of concept of this system in detecting surgical materials retained in the patients under surgery.

KEYWORDS: Retained surgical materials, gossypiboma, RFID, radio-frequency, wireless communication.

Advisor: Assist. Prof. Dr. İsmail Cengiz KOÇUM, Baskent University, Department of Biomedical Engineering.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Kapsam.....	1
1.2 Amaç.....	3
1.3 Yöntem.....	4
2 GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Elle Sayım Yöntemi.....	5
2.2 Numaralı Cerrahi Süngerler.....	8
2.3 Barkod Okutma Yöntemi.....	10
2.4 RFID Yöntemi.....	12
2.5 Ultrasonik Tespit Yöntemi.....	20
3 MATERYAL VE METOD.....	24
3.1 433,92 MHz Frekansında Çalışan Etiketın Tasarlanması.....	24
3.1.1 RF alıcı modülü.....	25
3.1.2 RF verici modülü.....	26
3.1.3 Mikroişlemci.....	27
3.1.4 Regülasyon devresi.....	28
3.1.5 Etiket devresinde kullanılan diğer malzemeler.....	28
3.2 433,92 MHz Frekansında Çalışan Okuyucunun Tasarlanması.....	28

3.2.1 RF alıcı modülü.....	29
3.2.2 RF verici modülü.....	29
3.2.3 Mikroişlemciler.....	30
3.2.4 2x16 LCD	30
3.2.5 Regülasyon devresi.....	31
3.2.6 Okuyucu devresinde kullanılan diğer malzemeler.....	31
3.3 Tasarlanan Sistemin Blok Şeması.....	31
3.4 Frekans Karşılaştırması İçin Tasarlanan Etiket.....	32
3.4.1 Alıcı / Verici modülü.....	34
3.4.2 Mikroişlemci.....	34
3.4.3 Regülasyon devresi.....	35
3.4.4 868 MHz'de çalışan etiket devresinde kullanılan diğer malzemeler.....	35
3.5 RF Temelli Güç Kaynağı.....	35
3.5.1 RF sinyalleri gerilime çeviren devre.....	35
3.5.2 Gerilime çevrilen RF sinyalleri depolayacak kapasitörler.....	36
3.6 Sistemlerde Kullanılan Yazılımlar.....	38
3.6.1 SEROUT2 komutu.....	40
3.6.2 SERIN2 komutu.....	40
3.7 Mesafe Ölçümleri.....	40
3.7.1 Hava ortamında yapılan ölçümler.....	42
3.7.2 Cansız tavukla yapılan ölçümler.....	42
3.7.3 Değişik iletkenliğe sahip sıvılarla yapılan ölçümler.....	43
3.7.4 Değişik hacimlerde yapılan ölçümler.....	43
4 SONUÇ VE TARTIŞMA.....	46
4.1 433,92 MHz Frekansında Çalışan Etiket.....	46
4.2 433,92 MHz Frekansında Çalışan Okuyucu.....	47

4.3 Tasarılan Sistemin Akış Diyagramı.....	47
4.4 868 MHz Frekansında Çalışan Alıcı / Verici Modülü.....	50
4.5 RF Temelli Güç Kaynağı.....	50
4.5.1 RF sinyalleri gerilime çeviren devre.....	50
4.5.2 Gerilime çevrilen RF sinyalleri depolayacak kapasitörler.....	51
4.6 İmal Edilen Sistemlerde Kullanılan Yazılım.....	51
4.6.1 Veri iletişimde kullanılan standart protokol.....	51
4.6.2 SEROUT2 komutu.....	52
4.6.3 SERIN2 komutu.....	52
4.7 Gerçekleştirilen Deneylerin Sonuçları.....	53
4.7.1 Hava ortamında frekans karşılaştırması.....	53
4.7.2 Dokuların RF sinyallere etkisi.....	54
4.7.3 433,92 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.....	55
4.7.4 868 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.....	56
4.7.5 433,92 MHz frekansında hacim karşılaştırması.....	57
4.7.6 868 MHz frekansında hacim karşılaştırması.....	57
4.7.7 433,92 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.....	58
4.7.8 868 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.....	59
4.8 Gelecek Çalışma Önerileri.....	60
KAYNAKLAR LİSTESİ.....	62
EKLER LİSTESİ.....	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Unutulan cerrahi süngerin görüntüsü.....	7
Şekil 2.2 Numaralı cerrahi sünger.....	9
Şekil 2.3 Cerrahi malzemelerde kullanılan barkod örneği.....	10
Şekil 2.4 Surgicount Medical marka barkod okuyucu ekran görüntüleri.....	11
Şekil 2.5 RFID sistemleri için uygun olan frekans aralıkları.....	14
Şekil 2.6 Çeşitli pasif RFID etiketleri.....	15
Şekil 2.7 SmartSponge kullanıcı ekranı ve cerrahi süngeri.....	17
Şekil 2.8 SmartSponge kullanıcı ekranı ve çöp kovası.....	17
Şekil 2.9 SmartSponge vücut tarama cihazı – WAND.....	18
Şekil 2.10 Ultrasonik dalgaların kapalı alandan çıkamaması.....	21
Şekil 3.1 Etiket devresi baskı devre şeması.....	24
Şekil 3.2 İmal edilen 433,92 MHz frekanslı etiket.....	25
Şekil 3.3 Microchip – PIC16F84A mikroişlemcinin bacak bağlantıları.....	27
Şekil 3.4 Okuyucu devresi baskı devre şeması.....	29
Şekil 3.5 İmal edilen okuyucu devresi.....	30
Şekil 3.6 Tasarlanan sistemin blok şeması.....	32
Şekil 3.7 868 MHz frekansında çalışan etiketin baskı devre şeması.....	33
Şekil 3.8 İmal edilen 868 MHz frekanslı etiket.....	33
Şekil 3.9 RF – Gerilim çeviricisi baskı devre şeması.....	36
Şekil 3.10 RF sinyalleri gerilime çeviren devre.....	36
Şekil 3.11 Seri bağlanan kapasitörlerin baskı devre şeması.....	37
Şekil 3.12 RF sinyallerden çevrilen gerilimi depolayacak kapasitörler.....	37
Şekil 3.13 Spektrum analizör cihazının örnek ekran görüntüsü.....	41
Şekil 3.14 Kullanılan antenler.....	41

Şekil 3.15 İçine etiketlerin yerleştirildiği tavuk.....	42
Şekil 3.16 İletkenlik ölçme cihazı.....	44
Şekil 3.17 Değişik hacimlerde deneyler için kullanılan kaplar.....	45
Şekil 4.1 Tasarlanan sistemin akış diyagramı.....	49
Şekil 4.2 Uyandırma ve senkron verileri.....	51
Şekil 4.3 Hava ortamında frekans karşılaştırma grafiği.....	53
Şekil 4.4 Tavuk içerisindeki etiketlerin karşılaştırması.....	54
Şekil 4.5 433,92 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.....	55
Şekil 4.6 868 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.....	56
Şekil 4.7 433,92 MHz frekansında hacim karşılaştırması.....	57
Şekil 4.8 868 MHz frekansında hacim karşılaştırması.....	58
Şekil 4.9 433,92 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.....	59
Şekil 4.10 868 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.....	60

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Aktif – Pasif RFID etiketlerin karşılaştırması.....	13
Çizelge 2.2 Barkod ve RFID sistemlerinin karşılaştırması.....	20
Çizelge 3.1 UDEA ARX-34 RF alıcı modülün bacak bağlantıları.....	25
Çizelge 3.2 UDEA ARX-34 RF alıcı modülün teknik özellikleri.....	26
Çizelge 3.3 UDEA ATX-34 RF verici modülün bacak bağlantıları.....	26
Çizelge 3.4 UDEA ATX-34 RF verici modülün teknik özellikleri.....	26
Çizelge 3.5 Microchip PIC16F84A teknik özellikleri.....	27
Çizelge 3.6 UDEA UTR-C10U alıcı / verici modülün bacak bağlantıları.....	34
Çizelge 3.7 UDEA UTR-C10U alıcı / verici modülün teknik özellikleri.....	34
Çizelge 3.8 Okuyucu mikroişlemcisi bacak görevleri.....	38
Çizelge 3.9 Boş veri mikroişlemcisi bacak görevleri.....	38
Çizelge 3.10 433,92 MHz etiket mikroişlemcisinin bacak görevleri.....	39
Çizelge 3.11 868 MHz etiket mikroişlemcisinin bacak görevleri.....	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC	Alternative current
ANT	Anten
AOUT	Analog çıkış
bps	Bit per second
°C	Santigrad derece
cm	Santimetre
dB	Desibel
DC	Direct current
DIN	Dijital giriş
DOUT	Dijital çıkış
F	Farad
GHz	Gigahertz
GND	Toprak
HF	High frequency
ISM	Industrial Scientific Medical
Kb	Kilobyte
KHz	Kilohertz
Kbit	Kilobit
kΩ	Kiloohm
LCD	Liquid crystal display
LED	Light emitting diode
LF	Low frequency
lt	Litre
m	Metre

mA	Miliamper
MHz	Megahertz
mm	Milimetre
ms	Milisaniye
mW	Miliwatt
MW	Microwave
Ω	Ohm
μ S	Mikrosiemens
μ s	Mikrosaniye
μ F	Mikrofarad
PLC	Power line communication
RF	Radyo frekans
RFID	Radio frequency identification
s	Saniye
UHF	Ultra high frequency
USB	Universal serial bus
V	Volt
Vcc	Besleme gerilimi
Vdc	DC gerilim
VHF	Very high frequency
AORN	The Association of periOperative Registered Nurses
FDA	Food and Drug Administration

1. GİRİŞ

1.1 Kapsam

Yapılan her ameliyatta kullanılan cerrahi malzemelerin, ameliyat sonrasında hasta vücudunda kalıp kalmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun başlıca sebebi en ciddi medikal hatalardan birinin, hasta vücudunda ameliyat sırasında kullanılan herhangi bir cerrahi malzemenin (cerrahi süngerler, iğneler, klempeler, retraktörler, elektrotlar vs.) ameliyat sonrasında hasta vücudunda kalmasıdır. Hasta vücudunda kalan bu cerrahi malzemeler, hastanede yatış sürelerinin uzamasına, iltihaplara, delinmelere, enfeksiyonlara, intestinal tıkanmalara, fistülizasyonlara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Sağlık Araştırmaları ve Kalite Birliği'nin yayınladığı bir rapora göre 2000 yılında vücudunda herhangi bir cerrahi malzeme unutulması yüzünden hastaların ortalama 4 gün daha fazla hastanede kaldıkları ve 57 hastanın hayatını kaybettiği bilinmektedir. Günümüzde alınan her türlü önleme rağmen, her 1500 ameliyattan birinde, hasta vücudunda cerrahi bir malzeme unutulmaktadır. Bu sayının hastanelerin ve hastane personelinin bu tip durumları raporlamaması, üstünü kapatması gibi sebeplerden dolayı gerçekte çok daha yüksek olduğu düşünülmektedir [1;2;3;4;5;6;7].

Ameliyatlarda hasta vücudunda herhangi bir cerrahi malzemenin unutulmasına yol açan birçok sebep vardır. Bu sebepler başlıca cerrahi faktörler (acil vaka durumları, önceden planlanmamış cerrahi durumların ortaya çıkması), hasta faktörleri (yüksek vücut kitle endeksi) ve insani faktörler (ameliyat esnasında dikkat dağılması, sayım prosedürlerini takip etmeme) olarak sıralanabilir. Ayrıca ameliyatlarda gelen telefon görüşmeleri, personelin malzeme takibini bir arada yapmaması, yere düşürülen malzemelerin bulunamaması, cerrahi malzemelerin yanlış kullanılması gibi sebepler de hasta vücudunda cerrahi malzemelerin unutulmasına yol açan sebeplerdendir. Ancak bu tip durumlarda en sık görülen hata ise, ameliyat sonunda malzemelerin ameliyathane personeli tarafından yanlış sayılması fakat doğru olarak rapor edilmesidir [2;8;6;7].

Ameliyatlarda hastanın vücudunda unutulmuş cerrahi malzemeler büyük zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Ameliyat sonrasında hastanın vücudunda cerrahi bir malzemenin unutulduğu fark edildiğinde en sık başvuru yapılan tespit yöntemi x-ışınli cihazlarla tarama yöntemidir. Bazı hastaneler yapılan her açık ameliyattan sonra sayım sonucu doğru rapor edilmişse bile hastayı x-ışınli cihazlarla taramaktadır. Metal içerikli malzemeler x-ışınli tarama yöntemiyle büyük oranlarda tespit edilebilse de, metal içerikli olmayan, radyo-opak özelliği bulunmayan havlular, kumaş parçaları, lastik borular ve metal içerikli olmayan klempler gibi malzemeler tespit edilememektedir. Cerrahi süngerlerin unutulması durumunda x-ışınli cihazlarla tarama yöntemi de ancak kullanılan cerrahi süngerin radyo-opak özelliğe sahip olması durumunda işe yaramaktadır. Fakat cerrahi süngerin radyo-opak özelliğe sahip olması, x-ışınli cihazlarla kesin olarak tespit edileceği anlamına gelmemektedir. Bunun sebebi cerrahi süngerlerin radyo-opak özelliklerini bükülmelerden, katlanmalardan, bozulmalardan vs. gibi sebeplerden kaybedebilmesidir. Revesz et al [9]'in kadavralar üzerinde yaptığı deneysel çalışmalara göre, cerrahi süngerlerin türüne göre x-ışınli tespit yöntemlerinin %3 ile %25 arasında yanlış sonuç verdiği görülmektedir. x-ışınli tarama yönteminin en büyük sakıncalarından biri de hastanın gereksiz yere radyasyona maruz kalmasıdır. Hasta için sakınca yaratan bir diğer durum ise, hastanın x-ışınli tarama yöntemi için ameliyathaneyi terk etmesi gerektiğinde ve vücudunda yabancı bir malzeme tespit edildiğinde tekrar ameliyata alınması yani tekrar anestezi alması ve vücudunun tekrar açılması gibi durumlarla karşı karşıya kalmasıdır [3;8;6].

Ameliyatlarda hastanın vücudunda unutulmuş cerrahi malzemeler büyük maddi kayıplara da sebep olmaktadır. C. William Kaiser et al [1] Massachusetts Medical Professional Insurance Association, Boston'un 1988 ve 1994 yılları arasındaki verilerinden seçtiği sadece 67 cerrahi malzeme unutulma vakası için bile 2,072,319\$ tazminat ve 572,079\$ savunma parası ödendiğini söylemektedir. Bu giderlere kullanılan x-ışınli tarama yönteminin oluşturduğu maddi kayıplar, ameliyathane personelinin cerrahi malzeme takip etmesi sonucu oluşan zaman kayıplarından dolayı oluşan maddi kayıplar ve hastanın hastanede yatması gereken süreden daha uzun süre yatması sonucu oluşan maddi kayıplar da eklendiğinde, sorunun ne kadar büyük olduğu anlaşılmaktadır.

1.2 Amaç

Yapılan kaynak taraması neticesinde, ameliyatlar sonrası hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin dünya genelinde çok önemli bir sorun olduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen araştırmalar neticesinde bu sorunun zaman ve maddi kayıplara yol açmadan giderilebileceği düşünülmüştür. Bu amaca uygun olarak hem akademik hem de ticari çalışmaların varlığı tespit edilmiştir.

Tez kapsamında, ameliyatlar sonrasında hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin önüne geçmek amacıyla bir sistem üretilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede problemden kaynaklı zaman ve maddi kayıpların önüne geçilmek istenmiştir.

Yukarıda belirtilen hedeflerden yola çıkarak bu tezin ana amacı, ameliyathanelerde kullanılan cerrahi malzemeleri kablosuz ve elektronik olarak saymaya yarayan bir cihaz tasarlamaktır.

Bu amaçla ilk olarak bahsedilen probleme çözüm olarak günümüzde kullanılan ticari uygulamalar araştırılmıştır.

Gerçekleştirilen tasarım iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki cerrahi malzemeler üzerine yerleştirilmesi düşünülen radyo frekanslı vericilerdir. Tasarımın ikinci bölümü ise, cerrahi aletler üzerine yerleştirilen vericileri tespit edecek olan ana sistemdir.

Donanım bölümünde, tasarlanan sistemin ana bileşenlerinin neler olması gerektiği düşünülmüş, farklı frekanslardaki vericileri ile denemeler yapılmıştır.

Yazılım bölümünde ise, tasarlanan sistemi çalıştıran mikroişlemciler programlanmış ve kullanıcıya LCD (Liquid Crystal Display – Likit Kristal Ekran) ile tespit edilen malzeme bilgisi verilmesi sağlanmıştır.

1.3 Yöntem

Şu ana kadar, tezin amacını oluşturan problemler hakkında bilgiler ve bu tezde yapılması hedeflenen temel amaçlar hakkında bilgiler verilmiştir. Tezin kalan kısmında, bu amaçlara ulaşmak için bugüne kadar literatürde, ticari hayatta ve tez kapsamında neler yapıldığına değinilmiştir.

İkinci bölümde, günümüzde kullanılan ticari ürünler ve problemin çözümüne yönelik yapılan araştırmalar “GENEL BİLGİLER” başlığı altında sunulmuştur.

“MATERYAL VE METOD” başlığını taşıyan üçüncü bölümde, sistemde kullanılan elektronik eleman ve parçaların karakteristik özelliklerine değinilmiştir. Bu bölümde ayrıca sistem üzerinde yapılan deneylerde kullanılan test cihazları hakkında da bilgiler bulunmaktadır.

Dördüncü bölümde ise “SONUÇ VE TARTIŞMA” başlığı altında, tasarlanan sistemin imal edilmesinden, yapılan deneylerden ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. Sistemin yazılımında kullanılan temel mantık hakkında bilgiler verilmiş ve sistemin tasarım aşamalarına değinilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar neticesinde tasarlanan sistemin geliştirilmesi için yapılması gerekenlere değinilmiştir. Yapılan tasarım ve elde edilen sonuçlar detaylı olarak şekillerle desteklenmiştir.

Beşinci bölümde ise literatürden elde edilen bilgiler refere edilmiştir. Bu bilgiler çeşitli uluslar arası dergilerde yayımlanmış makaleler, tezler, kitaplar ve kişisel çalışmalardan oluşmaktadır ve “KAYNAKLAR” başlığı altında sunulmaktadır.

Altıncı ve son bölümde ise tasarlanan sistemin mikroişlemci kodlarının yer aldığı “EK” ler bölümü bulunmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Ameliyatlarda sonrasında hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin tespitine yönelik insan yardımcı, cihaz yardımcı veya her iki durumun bir arada kullanıldığı yöntemler mevcuttur.

2.1 Elle Sayım Yöntemi

Günümüzde hastaneler tarafından en çok tercih edilen yöntemdir. Bu yöntemde, ameliyathane personelinden bir veya daha fazla kişi ameliyat süresince kullanılan cerrahi malzemeleri elle saymaktadır. Bu yöntemin başlıca sakıncalı tarafı, tamamen insan gücüne dayalı olması sebebiyle hataya çok açık olmasıdır. Elle sayma yönteminde ameliyathane hemşirelerinin uygulaması gereken prosedürler hakkında 2006 yılında AORN (The Association of periOperative Registered Nurses) tarafından detaylı bir makale yayımlanmıştır.

Bu yöntemde cerrahi süngerlerin, ameliyat başlamadan önce, vücut içindeki herhangi bir bölgedeki açıklık kapatılmadan önce, vücut boşluğu kapatılmadan önce, deri kapatılmadan önce ve nöbet değişimlerinde sayılmaları tavsiye edilmektedir.

Yapılan her sayımın kayıt altına alınarak, bir önceki sayımlarla karşılaştırması ve kayıtların bütün cerrahi işlemler boyunca titizlikle sürdürülmesi gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre, unutulmuş her üç cerrahi malzemeden ikisinin cerrahi süngerler olduğu görülmektedir. Cerrahi süngerler ağırlıklı olarak karın ve basen bölgelerinde unutulsa da, literatürde vajina, göğüs, omurilik kanalı, yüz, beyin, kol ve bacak bölgelerinde de cerrahi süngerlerin unutulduğuna dair bilgiler bulunmaktadır [5;8;6].

Elle sayım yönteminde cerrahi süngerler tek tek ve sesli olarak iki kişinin kontrolü altında sayılmalıdır. İki kişinin sayması yanlış sayma riskini düşürmektedir.

Operasyon sırasında, başlangıçta ameliyathanede bulunmayan ama ihtiyaç durumunda ameliyathane ortamına sonradan giren cerrahi süngerler de anında sayılmalı ve kayıtlara eklenmelidir.

Yanlış sayıda cerrahi sünger içeren paketler ameliyathane ortamından uzaklaştırılmalı, işaretlenmeli ve ameliyathanedeki diğer cerrahi süngerlerden izole hale getirilmelidir. Bu sayede sonraki sayımlarda karışıklık olması engellenmektedir.

Sayma işlemi mantıksal bir süreçle işlemelidir. Örneğin büyükten küçüğe şeklinde olmalıdır. Böyle standart bir sayım süreci, sayımların doğruluğunu, personelin verimliliğini ve operasyona devamlılığını arttırmaktadır.

Operasyonlar süresince kullanılan cerrahi süngerlerin x-ışınlı cihazlarla tespit edilebilmesini sağlaması açısından radyo-opak özellikli olmasına dikkat edilmelidir.

Yara çevresinde sadece radyo-opak özelliğe sahip havlular kullanılmalı, eğer açık yaralarda havlu kullanılacaksa bu havlularında sayıma dahil edilmesi ve diğer havlulardan kolay ayırt edilebilir özelliğe sahip olmasına dikkat edilmelidir.

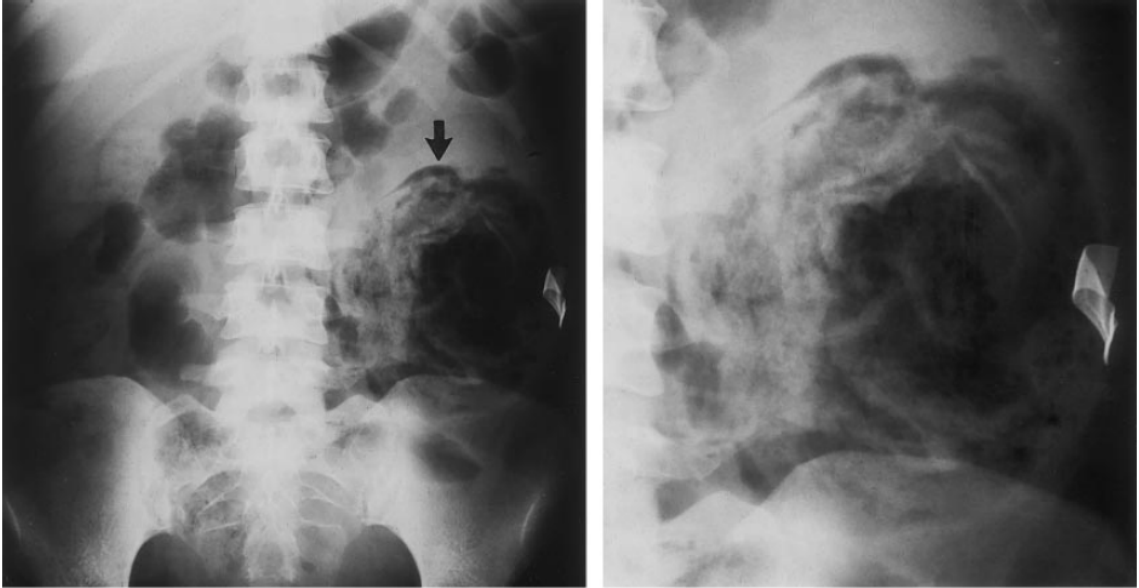
Cerrahi süngerler orijinal şekillerini korumalı ve hiçbir şekilde kesilerek veya başka şekilde birkaç parçaya ayrılmamalıdır.

Sayımı yapılan cerrahi sünger ameliyathaneden dışarı çıkarılmamalıdır. Aynı şekilde sayım işlemleri tamamen bitene kadar cerrahi süngerlerin bulunduğu çamaşır ve çöp konteynırları ameliyathaneyi terk etmemelidir. Cerrahi süngerler sadece ameliyat bittikten ve sayım işlemi hatasız kabul edildikten sonra ameliyathane dışına çıkartılmalıdır [8].

Ameliyatın herhangi bir aşamasında yapılan sayım sonucunda eksiklik fark edildiğinde, eksiklik derhal bütün ameliyathane personeline bildirilmelidir. Eğer

hastanın durumu elverişliyse, operasyon askıya alınmalı, ameliyathane ortamı, ameliyat alanı, yerler, çöp kovaları personel tarafından kontrol edilmelidir. Eğer hastanın durumu müsaitse, ivedilikle hasta x-ışınlı cihazlarla kontrol edilmeli, değilse en kısa zamanda bu kontrol yapılmalıdır. x-ışınlı cihazdan elde edilen görüntü muhakkak bir radyolog tarafından incelenmelidir [3;8;6;7].

Şekil 2.1'de sol tarafta sezeryan ameliyatı sonrasında karın ağrısı şikayeti olan 25 yaşında bir kadının karın bölgesinin x-ışınlı cihazla elde edilmiş görüntüsü bulunmaktadır. Şekil 2.1'de sağ tarafta ise bu görüntünün yakınlaştırılmış hali görülmektedir. Bu görüntüler neticesinde ameliyat sonrasında hasta vücudunda cerrahi sünger unutulduğu anlaşılmıştır [10].



Şekil 2.1 Unutulan cerrahi süngerin görüntüsü [10].

Bu bölümde buraya kadar anlatılanlardan anlaşılacağı üzere, elle sayım yöntemi bütün bu önlemlere rağmen oldukça riskli ve zahmetli bir iştir. Ameliyathane personelinin asli görevlerinin yanında cerrahi malzeme takibiyle uğraşması, bu personelin ameliyata olan odaklanmalarını düşürmektedir. Eksik sayım sonucunda kullanılması tavsiye edilen x-ışınlı cihaz kullanımı ise hastaneler için hem zaman hem de maddi kayıplara yol açmaktadır. Yapılan bir araştırma, bir ameliyathane hemşiresinin ameliyat esnasındaki zamanının yaklaşık %15'ini cerrahi aletlerin

sayımına ve takibine ayırdığını göstermektedir. Ayrıca bu tip durumlarda her operasyon için hazırda bir radyolog bulundurulması gerekmektedir. Kaiser et al [1]'in yaptığı bir çalışmada ele aldığı 29 vakadan 22'sinde (%76) kayıtların yanlış olduğu görülmüştür. Gawande et al [2]'in yaptığı diğer bir araştırmada ise benzer şekilde sonradan ortaya çıkan hasta vücudunda unutulmuş cerrahi süngerlerin %88 oranında kayıtlara sayımın eksiksizmiş gibi geçirildiği görülmüştür. Bani-Hani et al [11]'in yaptığı araştırmada da vücudunda cerrahi sünger unutulmuş 11 vakadan 8'inde (%73) yine kayıtların eksik yokmuş gibi tutulduğu görülmüştür [8;6].

2.2 Numaralı Cerrahi Süngerler

Cerrahi süngerlerin ameliyatlar süresince sayımını kolaylaştırmak amacıyla 2007 yılında Michele M. Pelter et al tarafından, üzerlerine numara basılmış olan cerrahi süngerler kullanılarak bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada 4x4 boyutlarında, x-ışınlı cihazlarla tespit edilebilen numaralı cerrahi süngerler kullanılmıştır. Her cerrahi süngerin köşesine FDA (Food and Drug Administration) onaylı dikiş malzemesiyle numarası yazılmıştır. Her numara yarım inç genişliğinde ve yarım inç yüksekliğindedir. Şekil 2.2'de üzerine numarası basılmış bir cerrahi sünger görülmektedir.

Bütün cerrahi süngerler önceden sterilizasyon işlemine tabi tutulmuş ve 10'lu gruplar halinde paketlenmiştir. Araştırma kapsamında 1'den 100'e kadar numaralı cerrahi süngerler kullanılmıştır.

Bu numaralama sayesinde, kullanılan cerrahi süngerler bir kronolojik sıraya da girmiş olmaktadır. Örneğin 30 cerrahi sünger kullanılan bir operasyonda, ilk paketten bir eksiklik fark edildiğinde, ameliyathane personelinin eksik olan cerrahi süngerin operasyonun hangi aşamasında kullanıldığını bilmesi sebebiyle, eksik olan bu cerrahi süngeri arayacakları yeri tespit etmekte kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür.

Kullanılan bu yöntemin, tezin ilerleyen bölümlerinde anlatılacak olan diğer yöntemlere göre daha basit ve maliyet açısından daha avantajlı olduğu söylenmektedir.



Şekil 2.2 Numaralı cerrahi sünger [6].

Araştırmanın sonuçlarına göre, numaralı cerrahi süngerleri kullanan personelin, yöntemi basit ve güvenli bulduğuna değinilmiştir. Numaralı cerrahi süngerleri kullanan ameliyathane personeli ayrıca ameliyat esnasında yapılan sayımlarda bu numaraların kendilerine yardımcı olduğunu da belirtmişlerdir. Bu yöntemin operasyon süresini uzatmadığı gibi, ameliyat sürecine de olumsuz etkisi olmadığı dile getirilmiştir [6].

Bu yöntemin elle sayım yöntemine yardımcı bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Ameliyathane personeline her ne kadar yardımcı olsa da numarasız cerrahi

süngerlerle yapılan elle sayımlarda oluşabilecek hatalar bu yöntemde de aynen geçerlidir.

2.3 Barkod Okutma Yöntemi

Günümüzde ameliyat sonrasında vücut içerisinde unutulmuş cerrahi malzemelerin tespitine yardımcı olmak üzere çeşitli firmalar girişimlerde bulunmaktadır ve bu firmalardan birinin ticari olarak kullandığı ve patentli yöntemlerden biri barkod okutma yöntemidir. Bu yöntemle çalışan sistemi şu anda Surgicount Medical adı altında bir firma üretmekte ve satışını gerçekleştirmektedir. Bu yöntemde cerrahi malzemelerin üzerinde cerrahi malzemeyi tanımlayan çeşitli yapıda barkodlar bulunmaktadır. Şekil 2.3'de bu amaçla kullanılan barkodlar görülmektedir.

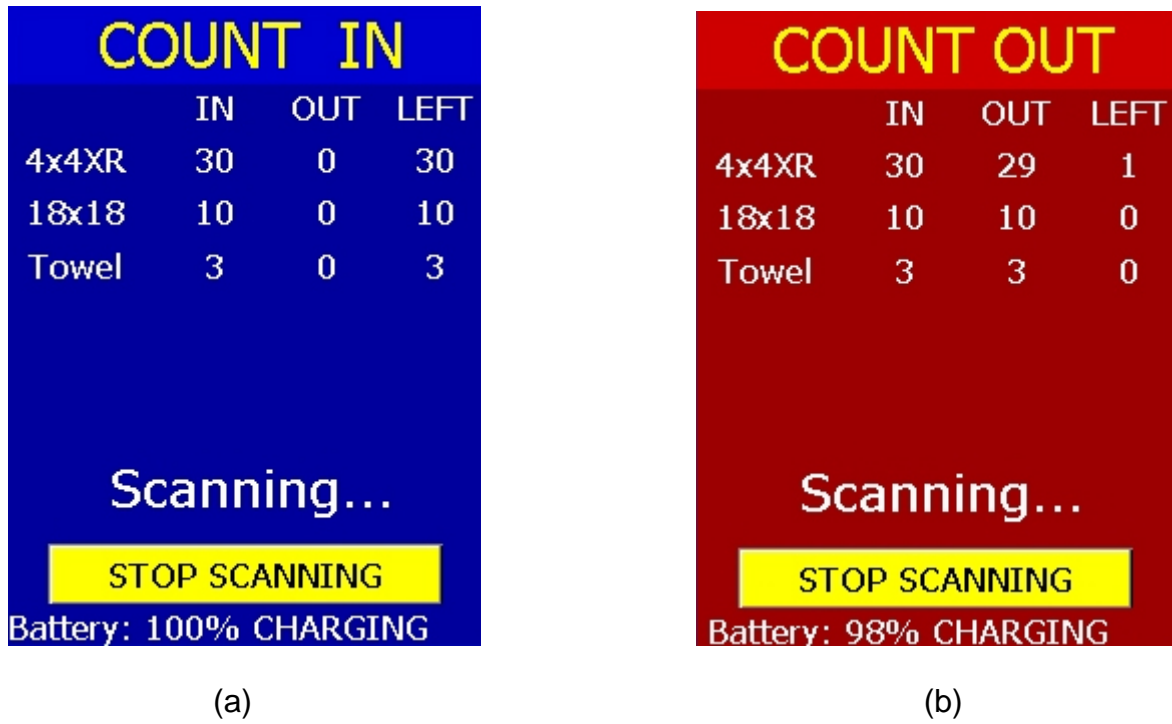


Şekil 2.3 Cerrahi malzemelerde kullanılan barkod örneği [35].

Cerrahi malzemeler üzerinde bulunan barkodlar ameliyat öncesinde, sisteme ait olan barkod okuyucuya okutularak, ameliyatta kullanılacak malzemelerin kaydı çıkartılmaktadır. Ameliyat esnasında da işi biten her malzeme çöpe atılmadan önce yine bu barkod okuyucuya okutularak sistemden çıkışı sağlanmaktadır. Şekil 2.4'de cerrahi malzemelerin sisteme girişi ve çıkışını gösteren barkod okuyucunun ekran görüntüleri bulunmaktadır.

Uygulanan bu sistemde okutulan barkodlarla, barkod okuyucunun birbirlerini görür vaziyette tutulması ve barkodla okuyucunun birbirlerine yakın tutulması gerekmektedir. Barkod okutma sisteminin diğer bir sakıncalı tarafı da sistemin karakteristik özelliklerinden dolayı aynı anda sadece tek bir malzemenin sisteme

girilebilmesi ya da sistemden çıkartılabilmesidir. Bu yüzden sistemin okuma hızı çok düşük kalmaktadır. Sahip olduğu bütün bu olumsuz özellikleri yüzünden, özellikle karışık operasyon prosedürlerinde bu sistem oldukça kullanışsız kalmaktadır. Ayrıca kanla temas etmiş olan malzemelerin üzerindeki barkodların okunabilirliği zorlaşmakta ya da tamamen ortadan kalkabilmektedir. Sistemin bir diğer sakıncalı tarafı da barkodların kolaylıkla zarar görebilmesi sebebiyle yanlış okumalara sebep olması ya da okunamama durumunun ortaya çıkmasıdır [12;6;13;7;14].



Şekil 2.4 Surgicount Medical marka barkod okuyucu ekran görüntüleri (a) malzemelerin sisteme girişi (b) malzemelerin sistemden çıkışı.

Bu yöntemin temel olarak elle sayım yönteminden bir farkı bulunmamaktadır. Sistemin kullanımı için elle sayım yönteminde olduğu gibi bir veya daha fazla personelin sayım işlemiyle ilgilenmesi gerekmektedir. Ameliyat sonrasında hasta vücudunda herhangi bir cerrahi malzemenin unutulduğu sistem tarafından tespit edildiğinde ise, elle sayım yönteminde olduğu gibi, radyolojik cihazlarla hastanın taranması gerekmektedir. Bu durum da yine elle sayım yönteminde olduğu hem maliyet artışlarına hem de hastaların gereksiz yere x-ışınına maruz kalmalarına yol açmaktadır.

Sonuç olarak bu yöntemin zaman kayıplarına yol açması, elle sayım yönteminde olduğu gibi personel gereksinimine ihtiyaç duyması, ameliyat öncesinde ya da ameliyat sırasında barkodların zarar görebilmesi, karışık operasyon süreçlerinde işlemleri yavaşlatması sebebiyle iyi bir yöntem olduğu düşünülmemektedir.

2.4 RFID Yöntemi

Günümüzde ameliyat sonrasında vücut içerisinde unutulmuş cerrahi süngerlerin tespitine yardımcı olmak üzere girişimde bulunan diğer bir firma da Clearcount Medical Solutions firmasıdır. Bu firmanın ürettiği ve satışını gerçekleştirdiği sistem üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden ilki cerrahi süngerler üzerine yerleştirdikleri pasif RFID (Radio Frequency Identification – Radyo Frekans Tanımlama) çipleridir. İkinci bölümü ise, işi biten cerrahi süngerlerin atıldığı ve atılan cerrahi süngerlerin sayısını tespit eden çöp kovasıdır. Sistemin üçüncü ve son bileşeni ise, ana sistem tarafından eksiklik tespit edildiğinde ameliyat edilen hastanın vücudunu taramaya yarayan el cihazıdır.

RFID sistemleri temel olarak iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki etiket (tag) bölümüdür. Etiketler, üzerlerine takıldıkları malzemelerin, insanların veya hayvanların tanımlanmasında kullanılan eşsiz bir koda sahiptirler. RFID sistemlerinin ikinci bölümü ise okuyucu (reader) kısmıdır. Okuyucular da, etiketler üzerindeki bahsedilen eşsiz kodu alarak tanımlamayı gerçekleştirirler [15;16;17;13;7;18].

RFID yöntemleri kullanım amaçlarına göre ikiye ayrılmaktadır. Uzun mesafeli radyo frekans tanımlama sistemleri aktif RFID, kısa mesafeli radyo frekans tanımlama sistemleri ise pasif RFID olarak adlandırılmaktadır.

Uzun mesafe radyo frekans tanımlama sistemlerinde kullanılan aktif RFID sistemleri, çalışabilmek için kendilerine ayrılmış olan bir güç kaynağına gereksinim duymaktadırlar. Kısa mesafeli radyo frekans tanımlama sistemlerinde kullanılan pasif RFID sistemlerinin ise çalışabilmek için bir güç kaynağına ihtiyaçları yoktur.

Pasif RFID sistemleri gereken enerjilerini, okuyucu olarak adlandırılan, RFID çipindeki bilgileri almaya yarayan sistemin yaydığı elektromanyetik dalgaları kullanarak kendine enerji kazandırmakta ve okuyucunun talep ettiği ve üzerindeki hafızasında kayıtlı olan bilgileri okuyucuya aktarmaktadır. Dahili bir batarya içermedikleri için pasif RFID etiketleri çok küçük boyutlarda ve aktif RFID sistemlerine göre çok düşük maliyetlerde üretilebilmektedir. Japonya’da 0.4 mm kenar uzunluklu kare biçiminde pasif RFID etiketleri üretilmektedir. Pasif RFID etiketleri günümüzde 0,20\$’dan daha düşük maliyetlere sahipken, aktif RFID etiketleri özelliklerine göre 20\$’la 1000\$ arasında değişen maliyetlere sahiptir. Çizelge 2.1’de aktif ve pasif RFID etiketlerinin karşılaştırması verilmiştir [15;19;13;20;21;7;22].

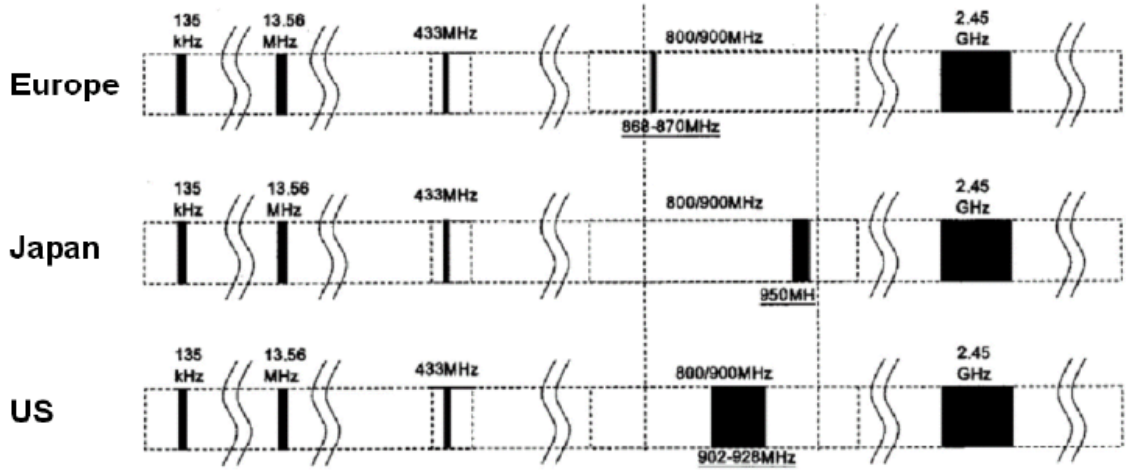
Çizelge 2.1 Aktif – Pasif RFID etiketlerin karşılaştırması [15;19;20;7;14].

	Aktif RFID	Pasif RFID
Dahili batarya	Var	Yok
Etiket güç kaynağı	Etiket içerisinde	Okuyucudan uygulanan RF sinyal
Gücün hazır olması	Sürekli	Okuma alanı içerisinde
Etiket için gereken sinyal gücü	Düşük	Yüksek
İletişim	Uzun mesafe (30 m ve fazlası)	Kısa mesafe (5 m ve aşağısı)
Veri kapasitesi	Yüksek (128 kb veya fazlası)	Düşük (128 bits)
Ömrü	Batarya ömrüyle sınırlı	Sınırsız
Maliyeti	Pahalı (20\$ ve fazlası)	Ucuz (1\$ ve aşağısı)

RFID sistemleri düşük frekans (LF - low frequency), yüksek frekans (HF - high frequency), çok yüksek frekans (UHF - ultra high frequency) ve mikro dalga frekans (MW – microwave) bantlarında üretilebilmektedir. Bu frekanslar ülkelere ve kıtalara göre değişiklik göstermekle birlikte, 125/135 KHz, 13,56 MHz, 433 MHz,

800/900 MHz, 2,45 GHz, 5,8 GHz gibi frekanslarda üretimi gerçekleşmiş RFID sistemleri piyasada kullanılmaktadır. Şekil 2.5'de RFID sistemleri için uygun olan frekans aralıkları görülmektedir [15;16;17;13;20;21;7;14].

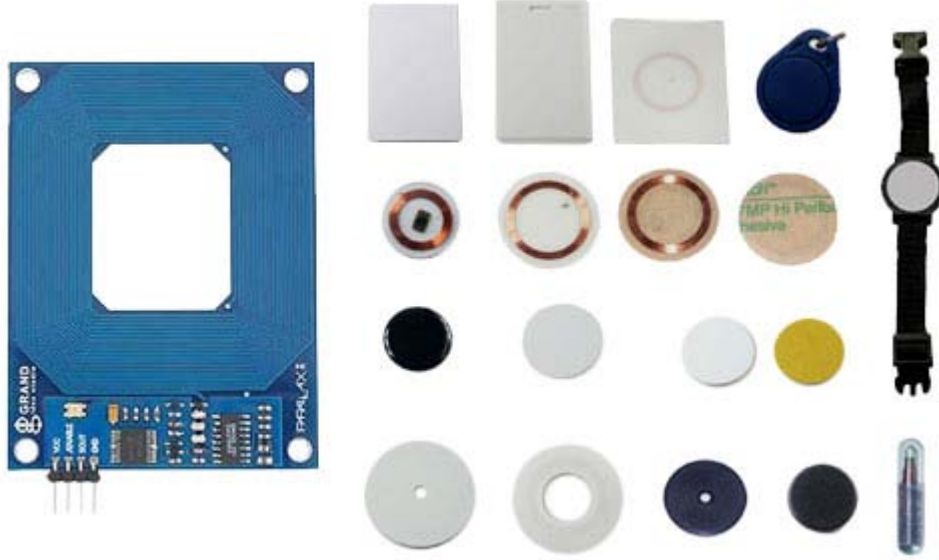
RFID sistemlerinde frekans yükseldikçe veri iletim hızı ve etiketlerin okunabilme mesafeleri de artmaktadır. Bu iki özelliğe bağlı olarak kullanılacak sistemler tasarlanmaktadır. Örneğin yakın mesafe RFID sistemlerinde genellikle 13,56 MHz kullanılmaktadır ve bu etiketlerin okunabilme mesafeleri ortalama 50 cm'dir. Uzak mesafe RFID sistemlerinde kullanılan 433 MHz'lik bir frekansla ise 40 metrenin üzerinde iletişim sağlanabilmektedir [15;13;14].



Şekil 2.5 RFID sistemleri için uygun olan frekans aralıkları [2].

RFID sistemleri günlük hayatımızda çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. RFID sistemleri, giriş kontrolü, toplu taşıma bileti, kişisel tanımlama, kan, doku ve organ tanımlama, tutuklu tanımlama, tehlikeli atık takibi, taşıt tanımlama, üretim hattı takibi, otomobil üretimi, pasaport güvenliği, posta ve kargo servisleri, maraton yarışları, kütüphaneler, kiralama servisleri, bagaj / bavul takibi, hayvan çiftlikleri ve bunlara benzer birçok alanda kendilerine kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 2.6'da bahsi geçen çeşitli kullanım amaçlarına uygun olarak üretilmiş olan pasif RFID etiketleri görülmektedir [16;13;14;23].

Günümüzde medikal alanlarda RFID sistemleri çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Hastanelerde tedarik zincirleri, akıllı raflar, ilaçların takibi, hasta takibi, hastane personeli takibi, malzemelerin ve cihazların takibi gibi alanlarda RFID sistemleri kullanılmaktadır [19;7].



Şekil 2.6 Çeşitli pasif RFID etiketleri.

Bu bölümün başında bahsedildiği gibi, ameliyat sonrası hasta vücudunda unutulmuş cerrahi süngerlerin takibinde de Clearcount Medical Solutions firmasının üretmiş olduğu SmartSponge adlı sistem kullanılmaktadır.

SmartSponge sistemi önceden de bahsedildiği gibi üç ana bölüme oluşmaktadır.

Bu bölümlerden ilki cerrahi süngerler üzerine yerleştirilmiş olan pasif RFID etiketleridir. Bu cerrahi süngerler, üzerlerinde içeriğini belirten barkodlar bulunan paketler halinde temin edilmektedir. Ameliyat öncesinde kullanılacak cerrahi sünger paketlerinin üzerindeki barkodlar sisteme okutulmuş olarak, sistemin ameliyat boyunca kullanılacak olan cerrahi sünger tiplerinden ve adetlerinden haberdar olması sağlanmaktadır. SmartSponge sisteminde, cerrahi süngerler üzerine Texas

Instruments firmasına ait 13,56 MHz frekansında çalışan, Tag-it HF-I model etiketler yerleştirilmiştir [4].

Sistemin ikinci bölümü ise, içinde okuyucu bulunan çöp kovasıdır. Ameliyat sırasında kullanılan ve işi biten cerrahi süngerler geleneksel olarak ameliyathanelerde kullanılan paslanmaz çelik çöp kovaları yerine, sisteme ait olan bu çöp kovasına atılmaktadır. Sistem kovasına giren her cerrahi süngeri, cerrahi süngerlerin üzerinde bulunan pasif RFID etiketleri sayesinde tanımlamakta ve dışarıda kalan cerrahi sünger sayısını sahip olduğu küçük likit kristal ekranında göstermektedir. Bu sistemde kovaya atılan cerrahi süngerlerin, kova içerisinde değil, kovaya girerken bir kereye mahsus olarak okunması bazı sakıncaları beraberinde getirmektedir. Eğer aynı anda birden fazla cerrahi sünger kovaya atılırsa, okunamama problemleri ortaya çıkabilmektedir. Sistemin bir diğer problemleri ise, yüksek frekans her ne kadar daha hızlı veri iletimi sağlasa da, vücut sıvılarından kolaylıkla etkilenebilmekte ve tespiti zorlaştırabilmektedir. Şekil 2.7'de hem üzerinde pasif RFID etiket bulunan cerrahi sünger hem de sistemin kullanıcı ekranı görülmektedir. Şekil 2.8'de ise sistemin kullanıcı ekranı ve çöp kovası görülmektedir [7].

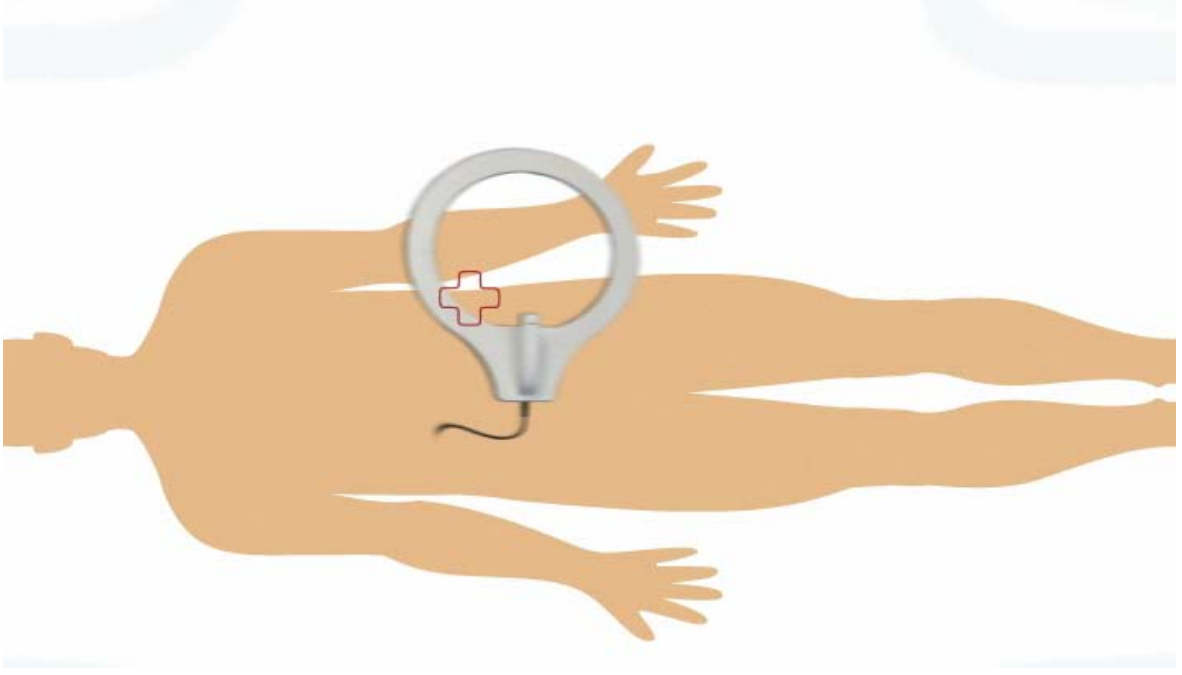
SmartSponge sisteminin üçüncü ve son bileşeni firmanın WAND adını verdiği vücut tarama cihazıdır. Şekil 2.9'de WAND görülmektedir. WAND, kullanıcı ekranı üzerinden alınan bilgiler neticesinde eksik bir cerrahi sünger tespit edildiğinde, vücudu taramak için kullanılmaktadır. WAND'in yanlış kullanımı sonucunda da hatalı tespitler yapılabilmektedir. Bu hatalardan biri WAND'in ameliyat olan hasta vücuduna yeteri kadar yaklaştırılmaması sonucu, cerrahi sünger üzerinde bulunan pasif RFID etiketinin aktif hale geçememesi ve bunun neticesinde tespitinin mümkün olamamasıdır. WAND'in diğer bir problemleri ise, ameliyat olan hastanın vücudunda kalan cerrahi süngerin bulunduğu alanın, cihazı kullanan personel tarafından taratılmaması sonucu yine tespitinin olanaksızlaşmasıdır [6].



Şekil 2.7 SmartSponge kullanıcı ekranı ve cerrahi sünger.



Şekil 2.8 SmartSponge kullanıcı ekranı ve çöp kovası.



Şekil 2.9 SmartSponge vücut tarama cihazı – WAND.

Clearcount Medical Solutions firmasına ait olan SmartSponge sisteminin problemlilerinden bir olan cihazın cerrahi süngerleri çöp kovası içerisinde saymamasına, Nilo Rivera et al [7], ASSIST adını verdikleri bir çözüm geliştirmiştir. Geliştirdikleri sistem temel olarak SmartSponge sistemiyle benzerlikler gösterse de, bu sistemde cerrahi süngerler çöp kovasına girerken değil, çöp kovasının içindeyken sayılmaktadır. Bu sayede aynı anda çöp kovasına atılan birden fazla cerrahi süngerin sayılmama olasılığını ortadan kaldırmayı düşünmüşlerdir.

Nilo Rivera et al [7] geliştirdikleri sistemin çöp kovasına çeşitli sayılarda antenler yerleştirilerek denemeler yapmış ve 5 adet antenle optimum sonuca ulaşmışlardır. Tasarladıkları sistemde, SmartSponge sisteminde olduğu gibi cerrahi sünger tiplerini ve özelliklerini, cerrahi süngerlerin içinde buldukları paket üzerinde bulunan barkod vasıtasıyla sisteme girmektedirler. Ancak bunun gelecekte radyo frekans iletişim protokolüyle değiştirilebileceğinden bahsetmişlerdir.

RFID sistemlerinin de diğer sistemlerde olduğu problemliler bulunmaktadır. Metal içerikli malzemelerden kolay etkilenmeleri, uygun frekans bantlarının

ülkeden ülkeye değişmesi ve diğer uygulamalara oranla yüksek olan maliyetleri RFID sistemlerinin başlıca problemleri olarak sıralanabilir.

Çoğu RFID etiketinin metal içerikli malzemelere tutturulduğunda tespitinin mümkün olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebepten RFID sistemleri hastanelerde cerrahi malzeme takibinde kullanılmak istendiğinde sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten örneğin forsepslerin tespitinde RFID sistemleri kullanılamamaktadır. Bu sıkıntıya çözüm olarak anti-metal etiketler geliştirilmiş olmakla beraber, bu etiketlerin de çok kısa okunma mesafeleri yine sıkıntı oluşturmaktadır [21].

Önceden Şekil 2.5'de gösterildiği gibi dünya çapında RFID sistemlerine ayrılan frekans bantları ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Bu sebepten dolayı, üretilen sistemlerin tüm dünyada çalışabilir olarak tasarlanması gerekmektedir. Eğer tasarım aşamasında bu durum göz ardı edilirse, örneğin Japonya'da çalışan bir sistem Avrupa'da çalışmayacaktır. Frekans konusunda başka sıkıntılar da vardır. Örneğin; iyonosfer kısa frekans bandında bulunan 13,56 MHz frekansında gerçekleştirilen iletişimi etkileyebilmektedir. 2,45 GHz frekansı ise mikrodalga fırınlar ve kişisel bilgisayarlar için birçok kablosuz iletişim cihazında kullanıldığından yine bu frekanstaki iletişim etkilenebilmektedir. Günümüzde yavaş yavaş kullanılmaya başlanan PLC (Power Line Communication – Enerji Hattı İletişimi), AC (Alternative Current – Alternatif Akım) hattını kullanarak düşük frekanslarda veri iletişimi sağlamaktadır. Fakat kullanılan sinyal çok gürültülüdür ve eğer 13,56 MHz'de, yani PLC gibi düşük frekans bandında çalışan bir RFID sistemi AC enerji dağıtım hattı yakınında durursa iletişimde yine sorunlar ortaya çıkabilmektedir [21].

RFID sistemlerinin barkod okutma sistemlerine alternatif olarak sunulduğu göz önüne alındığında, maliyetlerin de karşılaştırılması gerekmektedir. Barkodların en basit haliyle bir yazıcı çıktısı olduğu düşünülürse maliyetlerinin ne kadar düşük olduğu anlaşılacaktır. Günümüzde RFID etiketleri halen barkodlardan daha pahalı olsa da, RFID sistemlerinin kullanım alanlarının ve miktarlarının artmasına paralel olarak maliyetlerinin de düştüğü gözlenmektedir. RFID sistemi kullanılan bir hastanede bir hasta için günde ortalama 5 adet etiket kullanıldığı düşünülürse,

büyük kapasiteli bir hastanede günde ortalama 30.000 adet etiket kullanılıyor demektir. Japonya’da günde ortalama 30.000.000 etiketin sırf medikal uygulamalarda kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu rakam bir yılda sadece medikal amaçlar için 11.000.000.000 etiketin kullanıldığı anlamına gelmektedir ki, bu bile RFID etiketlerinin maliyetlerinin düşmesi için yeterli bir miktardır [21].

Barkod okutma sistemleri ile RFID sistemleri arasındaki farklar Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2 Barkod ve RFID sistemlerinin karşılaştırması [16;17;12;13;21;14].

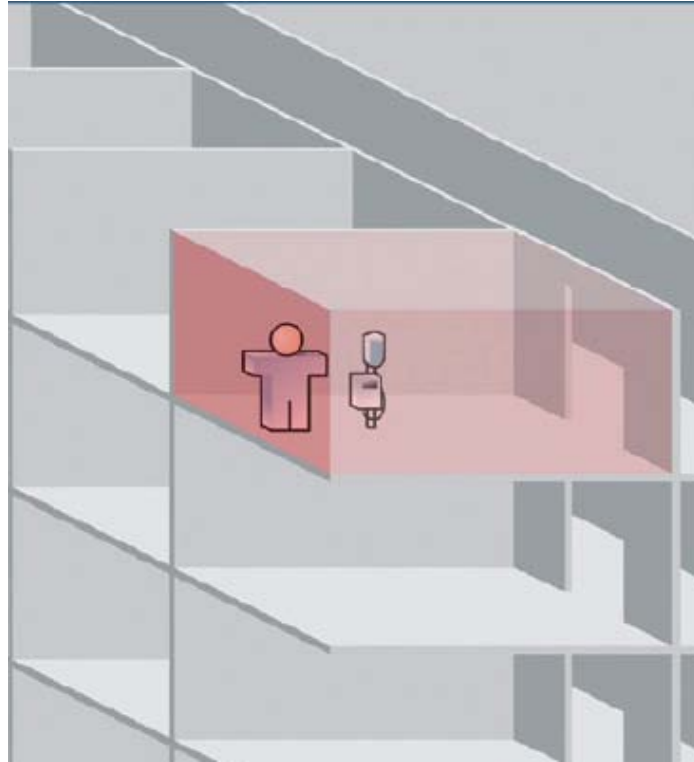
Barkod	RFID
Optik	Radyo Frekans
Veri aktarımı belli açılarda gerçekleşebilir	İletişim her açıdan gerçekleşebilir
Limitli ve sabit veri kapasitesi	Yüksek ve değiştirilebilir veri kapasitesi
Kolaylıkla zarar görebilir	Oldukça dayanıklıdır
Düşük okuma hızları	Yüksek okuma hızları
Görünür olmak zorundadır	İleride görünmeyecek kadar küçük boyutlarda üretilebilecektir
Tek tek okunabilir	Aynı anda birden çok etiket okunabilir
Kolaylıkla kopyalanabilir	Güvenlidir
Ucuzdur	Pahalıdır

2.5 Ultrasonik Tespit Yöntemi

Bu yöntemde, ameliyatlarda kullanılan cerrahi malzemelerin üzerine yerleştirilen etiketlerin, kendine has kodunu 20 KHz’in üzerinde ses dalgalarıyla ortama ileterek, ameliyathanelerde bulunacak ses algılayıcıları ile tespit edilmesinin sağlanması düşünülmüştür. Bu yönüyle pasif RFID sistemine oldukça benzemektedir. Tek fark, etiket kodunun radyo dalgasıyla değil, ses dalgasıyla iletilmesidir.

Ultrasonik yer tespit yöntemleri günümüzde birkaç uygulama dışında fazla kullanılmamaktadır. Bunun sebebi, radyo dalgalarıyla çok daha verimli iletişim kurulabilmesidir. Kullanıldığı yöntemler ise kapalı alan uygulamaları olmaktadır. Bunun sebebi de ses dalgalarının duvarlardan geçememesi, dolayısıyla buldukları ortamı terk edememesidir. Şekil 2.10'da ultrasonik dalgaların ortamı terk edememesi gösterilmiştir [24].

Bu yönüyle ultrasonun bu tez çalışmasındaki amaca en yakın kullanım şekli, kapalı alanlarda insanların veya malzemelerin yerlerinin tespitinde kullanılıyor olmasıdır. Halen üzerinde çalışılmakta olan bu yöntemde, yeri tespit edilmek istenen kişi veya malzemelerin üzerine belli zaman aralıklarıyla ortama ultrasonik ses dalgaları gönderen etiketler yerleştirilmektedir. Etiketlerden ortama gönderilen ultrasonik ses dalgaları, ortamda bulunan ses algılayıcısı tarafından tespit edilmektedir. Bu tespiti gerçekleştiren algılayıcı da, tespit ettiği etiketin kodunu ana sisteme ileterek, sistemin etiketin hangi odada olduğunu belirlemesini sağlamaktadır [24;25].



Şekil 2.10 Ultrasonik dalgaların kapalı alandan çıkamaması.

Oluşturulacak buna benzer bir sistemin bu tez çalışmasının amacı doğrultusunda oluşturacağı birtakım sakıncalar ve diğer yöntemlerin gerisinde kalmasına yol açacak sebepler bulunmaktadır.

Düşünülen sistemin dahili bir bataryaya sahip olması gerekmektedir. Bu bataryanın etikete hem bir ömür biçeceği, hem de ameliyat esnasında içerdiği kimyasal maddeler sebebiyle tehlikeli durumlara yol açabileceği düşünülmüştür. Bu yöntemin diğer bir sakıncalı tarafı ise, ses dalgalarının iletiminde, dalga yönünün çok büyük rol oynamasıdır. Ultrasonik dalga yayan vericilerin belli açısız aralıklar içerisinde ses dalgasını iletmesi sebebiyle, ortamda bulunacak alıcıların etiket tarafından ortama gönderilen ses dalgalarını tespit edememe durumunun ortaya çıkacağı düşünülmüştür [26].

Düşünülen yöntemin diğer bir sakıncalı tarafı ise, hasta içerisinde cerrahi bir malzeme unutulduğunda, etiket tarafından ortama gönderilen ses dalgalarının insan vücudundaki farklı özelliklere sahip bölgelerden geçerken bozulmaya uğrayacağı, bu sebeple de veri kayıplarına yol açacağı, hatta verinin hiç iletilemeyeceği düşünülmüştür.

Tez çalışmasının amacı doğrultusunda üretilecek olan etiketlerin mümkün olduğunca, kullanılan cerrahi malzemenin işlevini engellemeyecek boyutlarda küçük üretilebilmesi gerekmektedir. Ancak ultrasonik vericiler yapıları gereği çok küçük boyutlarda üretilemeyeceğinden, etiketin de uygun boyutlarda üretilebilmesini engelleyecektir.

Ameliyatlarda kullanılan cerrahi malzemelerin birçoğunun tek kullanımlık olması sebebiyle, cerrahi malzemelerin üzerine yerleştirilecek etiketler bu malzemelere doğal olarak ek bir maliyet kazandıracaktır. Ultrasonik vericilerin maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, bahsedilen bu ek maliyetin de çok yüksek olacağı düşünülmüştür.

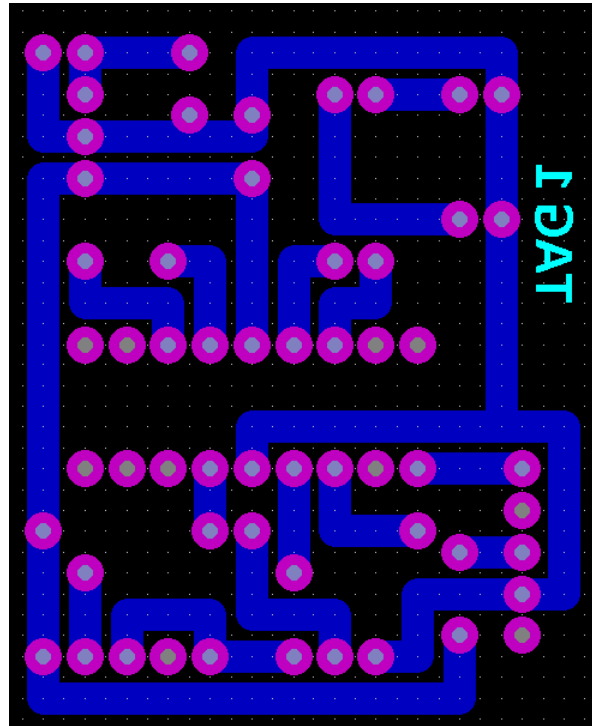
Bahsedilen bütün bu sebeplerden dolayı ameliyat sonrası hasta vücudunda unutilan cerrahi malzemelerin tespitinde kullanılması düşünölmüş olan bu yöntemden vazgeçilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

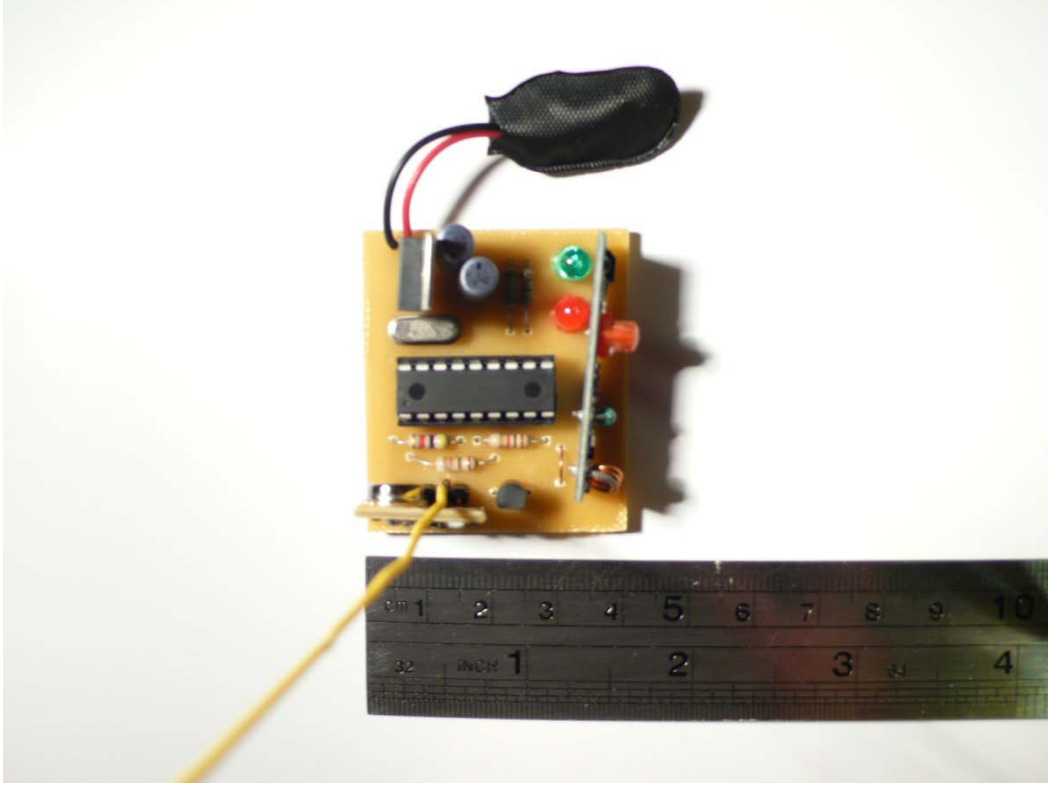
Ameliyatlar sonrasında hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin tespitine yönelik olarak tasarlanan sistem, etiket ve okuyucu olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıştır. Farklı bir frekansdaki RF sinyallerinin davranışlarını incelemek üzere tez çalışması kapsamında ayrı olarak bir etiket devresi daha tasarlanmıştır. Bu bölümlere ait yapılan araştırmalar, çalışmalar ve elde edilen yazılım bilgileri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.1 433,92 MHz Frekansında Çalışan Etiketın Tasarlanması

Tasarlanan sistemdeki 433,92 MHz frekansında çalışan etiketler bu bölümde anlatılacaktır. Tasarlanan etiketler temel olarak bir adet RF alıcı modül, bir adet RF verici modül ve bir adet mikroişlemciden oluşmaktadır. Şekil 3.1’de etiket devresinin baskı devre şeması görülmektedir. Şekil 3.2’de tasarlanıp, imal edilmiş olan etiket devresinin fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 3.1 Etiket devresi baskı devre şeması.



Şekil 3.2 İmal edilen 433,92 MHz frekanslı etiket.

3.1.1 RF alıcı modülü

Tasarlanan etiketlerde çift taraflı iletişimi sağlamak amacıyla RF alıcısı olarak UDEA marka, ARX-34 model RF alıcı devreleri kullanılmıştır. Bu alıcı ünitesi 433,92 MHz frekansında çalışmaktadır.

Çizelge 3.1’de UDEA marka, ARX-34 model RF alıcı modülün bacak bağlantıları, Çizelge 3.2’de ise teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 UDEA ARX-34 RF alıcı modülün bacak bağlantıları [28].

UDEA ARX-34			
Pin No	Pin ismi	I/O	Açıklama
1	ANT	I	Anten bağlantı noktası
2	GND	-	Toprak hattı
3	Vcc	-	+5Vdc besleme terminali
4	AOUT	O	Analog Çıkış
5	DOUT	O	Dijital Çıkış

Çizelge 3.2 UDEA ARX-34 RF alıcı modülün teknik özellikleri [28].

UDEA ARX-34				
	En düşük	Normal	En yüksek	Birim
Çalışma frekansı		433.92		MHz
Bant genişliği		±2		MHz
Veri hızı	0.3		2.4	Kbit/s
Besleme Voltajı	4.9		5.1	Vdc
Akım sarfiyatı		5		mA
RX açılma zamanı		10		ms
Çalışma sıcaklığı	-10		55	°C

3.1.2 RF verici modülü

Tasarlanan etiketlerde çift taraflı iletişimi sağlamak amacıyla RF vericisi olarak UDEA marka, ATX-34 model RF verici devreleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.3'de UDEA ATX-34 RF verici modülün bacak bağlantıları, Çizelge 3.4'de ise teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.3 UDEA ATX-34 RF verici modülün bacak bağlantıları [29].

UDEA ATX-34			
Pin No	Pin ismi	I/O	Açıklama
1	Vcc	-	+5Vdc besleme terminali
2	DIN	I	Dijital giriş
3	GND	-	Toprak hattı
4	ANT	O	Anten bağlantı noktası

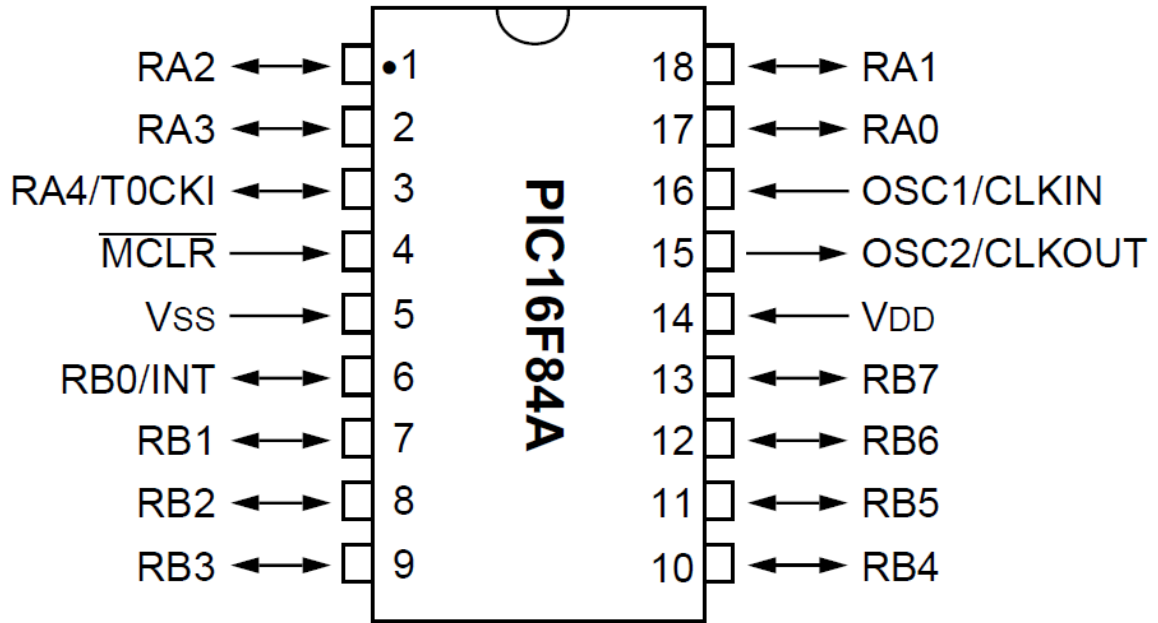
Çizelge 3.4 UDEA ATX-34 RF verici modülün teknik özellikleri [29].

UDEA ATX-34				
	En düşük	Normal	En yüksek	Birim
Çalışma frekansı		433.92		MHz
Bant genişliği		±2		MHz
Veri hızı	0.3		2.4	Kbit/s
Besleme Voltajı	5		12	Vdc
Akım sarfiyatı		6.5		mA
Çıkış gücü		10		mW
Çalışma sıcaklığı	-10		55	°C

3.1.3 Mikroişlemci

Tasarlanan etiketlerde kullanılan RF alıcı ve verici modüllerin kontrolünü sağlamak amacıyla Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemciler kullanılmıştır.

Şekil 3.3'de Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemcinin bacak bağlantıları, Çizelge 3.5'de ise teknik özellikleri görülmektedir.



Şekil 3.3 Microchip PIC16F84A mikroişlemcinin bacak bağlantıları.

Çizelge 3.5 Microchip PIC16F84A mikroişlemcinin teknik özellikleri [30].

Microchip PIC16F84A	
Çalışma hızı	4 - 20 MHz
Program belleği	1K x 14 Word Flash Bellek
Kullanıcı RAM	68 x 8 byte
EEPROM veri belleği	64 byte
I/O pin sayısı	13
Çalışma gerilimi	2.0 - 5.5 V

3.1.4 Regülasyon devresi

Etiket devresinde kullanılan modüllerin, mikroişlemcinin ve diğer malzemelerin beslemesinde iMP marka L7805CV 5V regülatör entegresi kullanılmıştır. Filtre elemanları olarak da iki adet 10 µF kapasitör kullanılmıştır. Sistem 9 V'luk standart pille beslenmiştir.

3.1.5 Etiket devresinde kullanılan diğer malzemeler

Tasarlanan sistemin etiket devresinde yukarıda bahsedilen ana malzemeler dışında kullanıcıyı bilgilendirmek amacıyla bir adet 5 mm yeşil LED (Light Emitting Diode – Işık Yayan Diyot), bir adet 5 mm kırmızı LED, bir adet 4,7 kΩ direnç, iki adet 390Ω direnç, iki adet 1 kΩ direnç ve bir adet mikroişlemci için 4 MHz frekanslı kristal kullanılmıştır. Verici modülünün sadece istenildiği zaman açık olmasını kontrol etmek için ise Philips marka BC547C model transistör kullanılmıştır. Sistemin alıcı ve verici modüllerinde ise 17 cm'lik bakır teller anten olarak kullanılmıştır. Anten uzunluğu Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Dalga boyu (cm)} = (3 \times 10^{10}) / \text{Frekans} \quad (3.1)$$

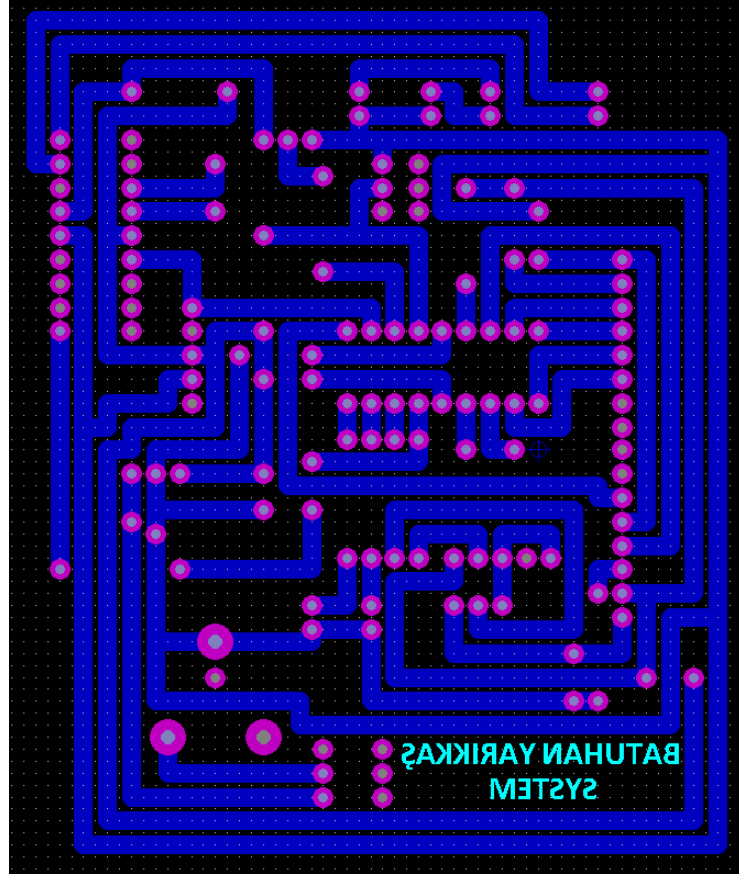
$$\text{Anten boyu (cm)} = \text{Dalga boyu} / 4 \quad (3.2)$$

3.2 433,92 MHz Frekansında Çalışan Okuyucunun Tasarlanması

Tasarlanan sistemdeki okuyucu ünitesi bu bölümde anlatılacaktır. Tasarlanan okuyucu ünitesi temel olarak bir adet RF alıcı modül, bir adet RF verici modül, iki adet mikroişlemci ve bir adet 2x16 LCD'den oluşmaktadır. Şekil 3.4'de okuyucu devresinin baskı devre şeması görülmektedir. Şekil 3.5'de tasarlanıp, imal edilmiş olan okuyucu devresinin fotoğrafı görülmektedir.

3.2.1 RF alıcı modülü

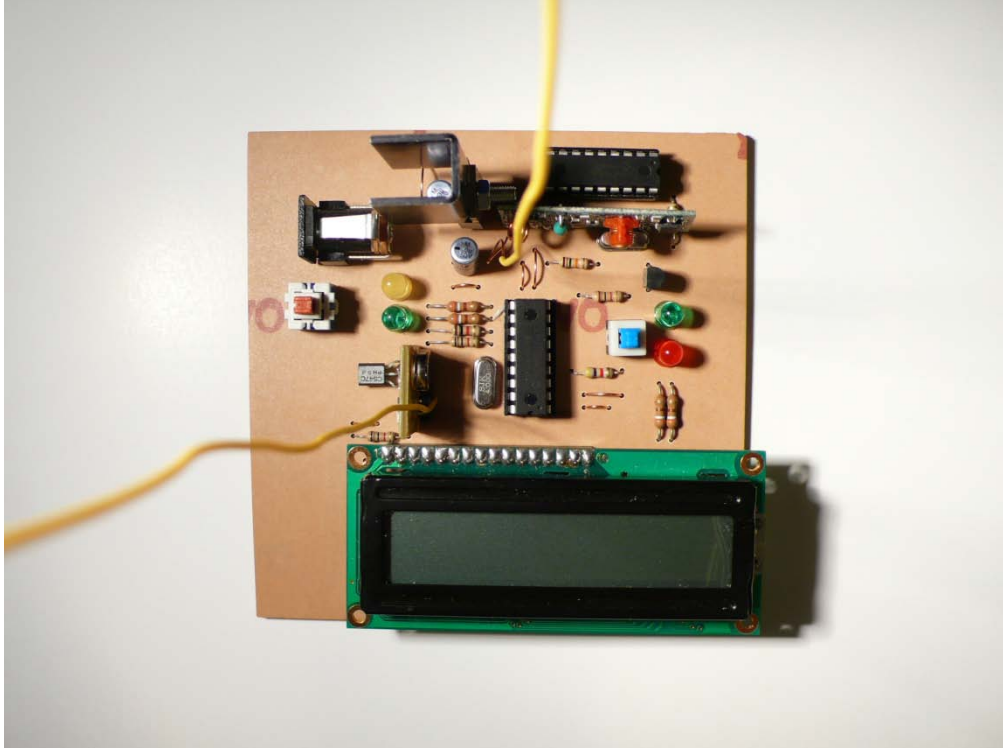
Okuyucu sisteminde RF alıcı modülü olarak etiketlerde de kullanılan UDEA marka ARX-34 model RF alıcı modüller kullanılmıştır. Bu modül daha önce Bölüm 3.1.1'de detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 3.4 Okuyucu devresi baskı devre şeması.

3.2.2 RF verici modülü

Okuyucu sisteminde RF verici modülü olarak etiketlerde de kullanılan UDEA marka ATX-34 model RF verici modüller kullanılmıştır. Bu modül daha önce Bölüm 3.1.2'de detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 3.5 İmal edilen okuyucu devresi.

3.2.3 Mikroişlemciler

Okuyucu sisteminde mikroişlemci olarak etiketlerde de kullanılan Mikrochip marka PIC16F84A model mikroişlemciden iki adet kullanılmıştır. İki adet mikroişlemci kullanılmasının sebebi Bölüm 4.3'de anlatılmaktadır. PIC16F84A model mikroişlemci daha önce Bölüm 3.1.3'de detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2.4 2x16 LCD

Okuyucu sisteminde kullanıcıyı bilgilendirmek amacıyla 2 satır ve 16 karakterden oluşan HY-1602A model bir ekran kullanılmıştır. Bu ekran vasıtasıyla kullanıcı yönlendirilmekte ve sistemin ortamda bulunduğu etiketler yine bu ekranda gösterilmektedir.

3.2.5 Regülasyon devresi

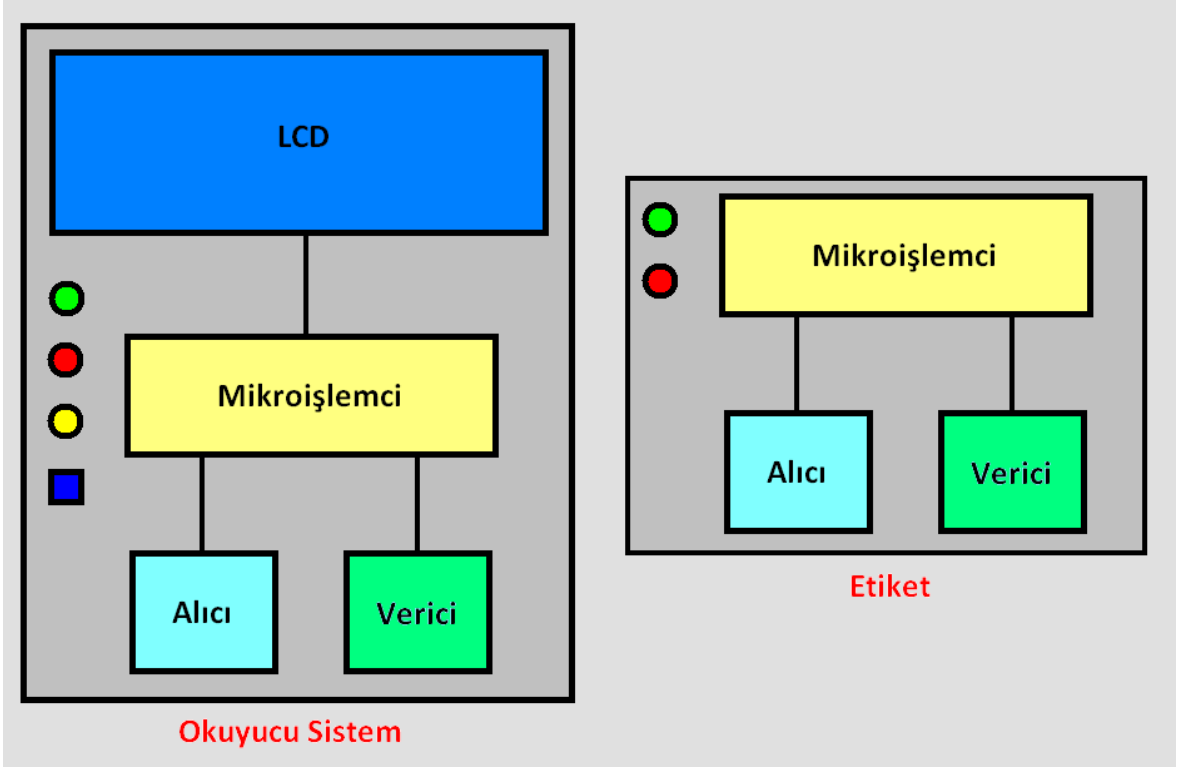
Okuyucu devresinde kullanılan modüllerin, mikroişlemcilerin ve diğer malzemelerin beslemesinde iMP marka L7805CV 5V regülatör entegresi kullanılmıştır. Regülatör entegresini aşırı ısınmalardan korumak için, entegre üzerine ısı dağıtıcı eleman yerleştirilmiştir. Filtre elemanları olarak da iki adet 10 μ F kapasitör kullanılmıştır. Sistem 9 V – 500 mA çıkışa sahip hazır AC / DC çeviricisi kullanılarak beslenmektedir.

3.2.6 Okuyucu devresinde kullanılan diğer malzemeler

Tasarlanan sistemin okuyucu devresinde yukarıda bahsedilen ana malzemeler dışında kullanıcıyı bilgilendirmek amacıyla iki adet 5 mm yeşil LED, bir adet 5 mm kırmızı LED, bir adet 5 mm sarı LED, dört adet 1 k Ω direnç, dört adet 390 Ω direnç, iki adet 4,7 k Ω direnç, bir adet 10 k Ω direnç, iki adet mikroişlemciler için 4 MHz frekanslı kristal, aramayı başlatmak için kullanılan bir adet düğme ve okuyucu sistemini açıp / kapatmak için bir adet düğme kullanılmıştır. Verici modülünün sadece istenildiği zaman açık olmasını kontrol etmek için ise Philips marka BC547C model transistör kullanılmıştır. Aynı transistörden bir adet daha, ikinci mikroişlemciyi tekrar başlatmak için de kullanılmıştır. Sistemin alıcı ve verici modüllerinde ise 17 cm'lik bakır teller anten olarak kullanılmıştır. Anten uzunlukları daha önceden verilmiş olan Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

3.3 Tasarlanan Sistemin Blok Şeması

Tez çalışmasında tasarlanmış olan ve ameliyathane esnasında ameliyathanedeki malzemeleri saymaya yarayan sistemin genel blok şeması Şekil 3.6'da görülmektedir.



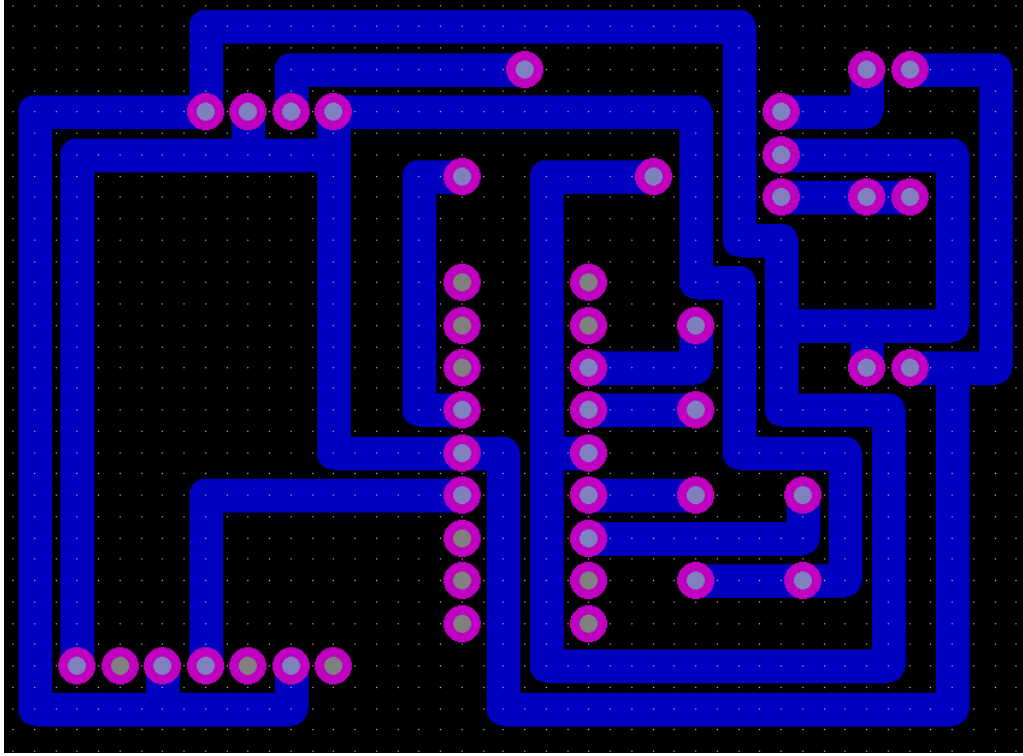
Şekil 3.6 Tasarlanan sistemin blok şeması.

3.4 Frekans Karşılaştırması İçin Tasarlanan Etiket

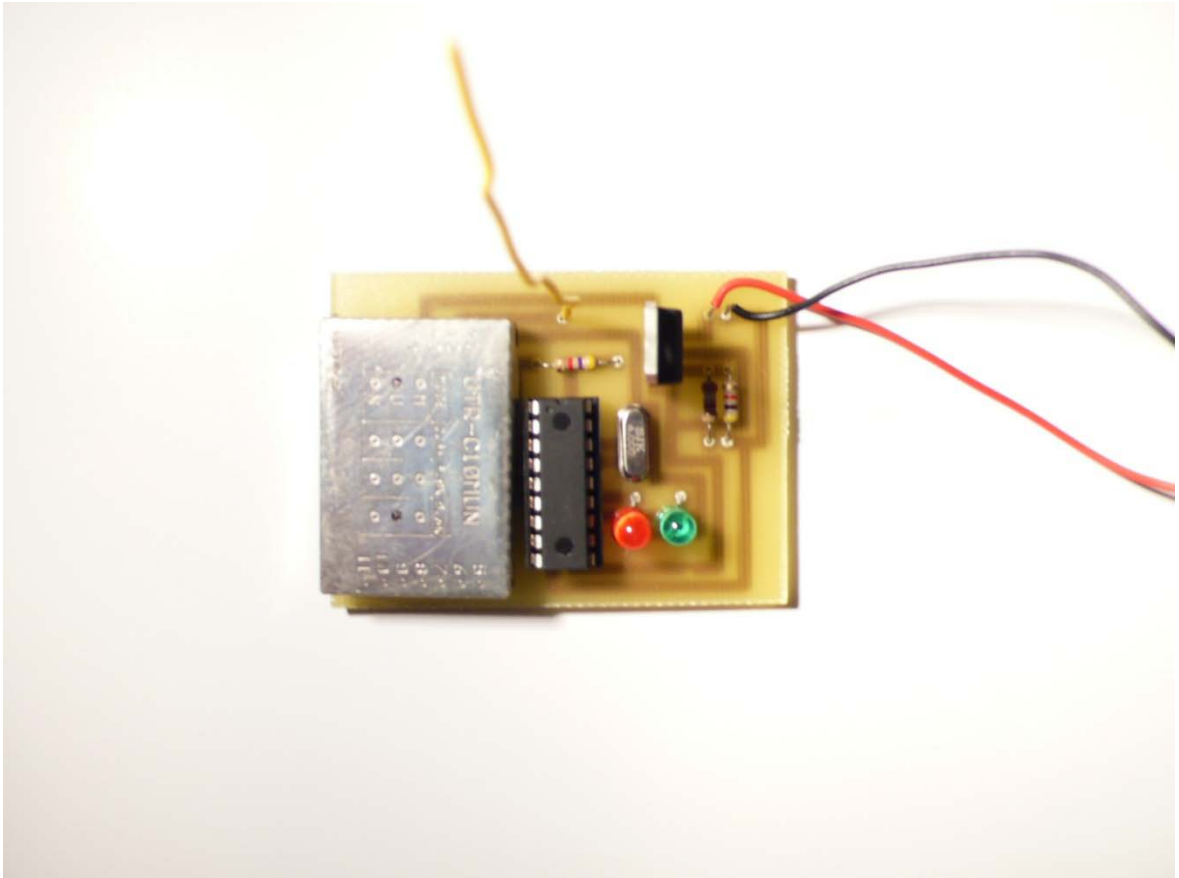
Çalışmanın dördüncü bölümü olan “SONUÇ VE TARTIŞMA” bölümünde deney sonuçları verilecek olan, farklı frekanstaki RF sinyallerinin davranışlarını karşılaştırabilmek için 868 MHz frekansında çalışan ayrı bir etiket devresi daha tasarlanıp, imal edilmiştir.

Tasarlanan sistem temel olarak bir adet RF alıcı / verici modülden ve mikroişlemciden oluşmaktadır.

Şekil 3.7’de 868 MHz frekansında çalışan etiket devresinin baskı devre şeması görülmektedir. Şekil 3.8’de tasarlanıp, imal edilmiş olan 868 MHz frekansında çalışan etiket devresinin fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 3.7 868 MHz frekansında çalışan etiketin baskı devre şeması.



Şekil 3.8 İmal edilen 868 MHz frekanslı etiket.

3.4.1 Alıcı / Verici modülü

Çizelge 3.6'da UDEA marka, UTR-C10U model 868 MHz RF alıcı / verici modülün bacak bağlantıları, Çizelge 3.7'de ise teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 UDEA UTR-C10U alıcı / verici modülün bacak bağlantıları [31].

UDEA UTR-C10U			
Pin No	Pin ismi	I/O	Açıklama
1,3,11	GND	-	Toprak hattı
2	ANT	I/O	Anten bağlantı noktası
4,6	+3V	-	+3Vdc besleme terminali
5	RSSI	O	RF şiddeti seviye çıkışı
7	DO	O	Veri çıkış
8	DI	I	Veri giriş
9	T/R	I	Verici / Alıcı seçim pini
10	CH ½	I	Kanal seçim pini

Çizelge 3.7 UDEA UTR-C10U alıcı / verici modülün teknik özellikleri [31].

UDEA UTR-C10U				
	En düşük	Normal	En yüksek	Birim
Besleme Voltajı	2.85	3	3.15	Vdc
Akım sarfiyatı TX		25		mA
Akım sarfiyatı RX		10		mA
TX açılma zamanı		25		ms
RX açılma zamanı		25		ms
Veri hızı	0.6		4.8	Kbit/s

3.4.2 Mikroişlemci

868 MHz frekansında çalışan etiket sisteminde mikroişlemci olarak 433,92 MHz frekansında çalışan etiketlerde ve okuyucu sisteminde de kullanılan Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemciden bir adet kullanılmıştır. Bu mikroişlemci daha önce Bölüm 3.1.3'de detaylı olarak anlatılmıştır.

3.4.3 Regülasyon devresi

868 MHz frekansında çalışan etiket devresinde kullanılan RF modülün, mikroişlemcinin ve diğer malzemelerin beslemesinde ST Microelectronics marka LM317T regülatör entegresi kullanılmıştır. Entegrenin çıkış voltajının 3 Vdc'a ayarlanması bir adet 4,7 k Ω direnç ve bir adet 3,9 k Ω direnç ile gerçekleştirilmiştir.

3.4.4 868 MHz'de çalışan etiket devresinde kullanılan diğer malzemeler

Tasarlanan sistemde yukarıda bahsedilen ana malzemeler dışında kullanıcıyı bilgilendirmek amacıyla bir adet 5 mm yeşil LED, bir adet 5 mm kırmızı LED, bir adet 4,7 k Ω direnç ve bir adet mikroişlemci için 4 MHz frekanslı kristal kullanılmıştır. Sistem 9 V'luk standart pille beslenmiştir. Sistemin RF modülünde ise 8,5 cm'lik bakır tel anten olarak kullanılmıştır. Anten uzunluğu daha önceden verilmiş olan Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

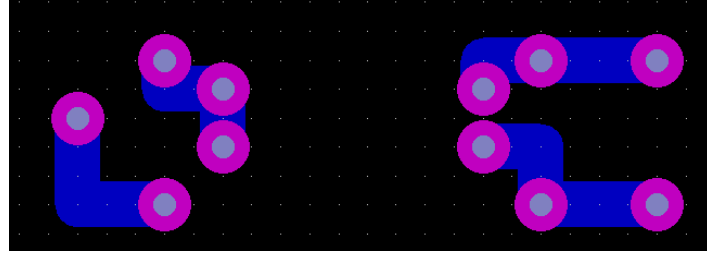
3.5 RF Temelli Güç Kaynağı

Tasarlanan etiket sistemleri önceki bölümlerde bahsedildiği gibi standart 9 V'luk pillerle beslenmektedir. Kullanılan bu piller hem etiketlerin ömrünü sınırlandırmakta hem de otoklav gibi yüksek sıcaklıklarda sterilizasyon gerektiren durumlarda işlevsiz kalmaktadırlar. Bu problemlerden yola çıkarak, pasif RFID sistemlerinde olduğu gibi, dışarıdan gelen elektromanyetik dalgalarla etiket devrelerini çalıştırabilecek kapasitedeki kapasitörler doldurulabilirse, etiket sistemlerinin pile bağımlılığının ortadan kaldırılabilir düşülmüştür. Bu mantıkla hareket edilerek temelde iki parçadan oluşan bir sistem tasarlanmıştır.

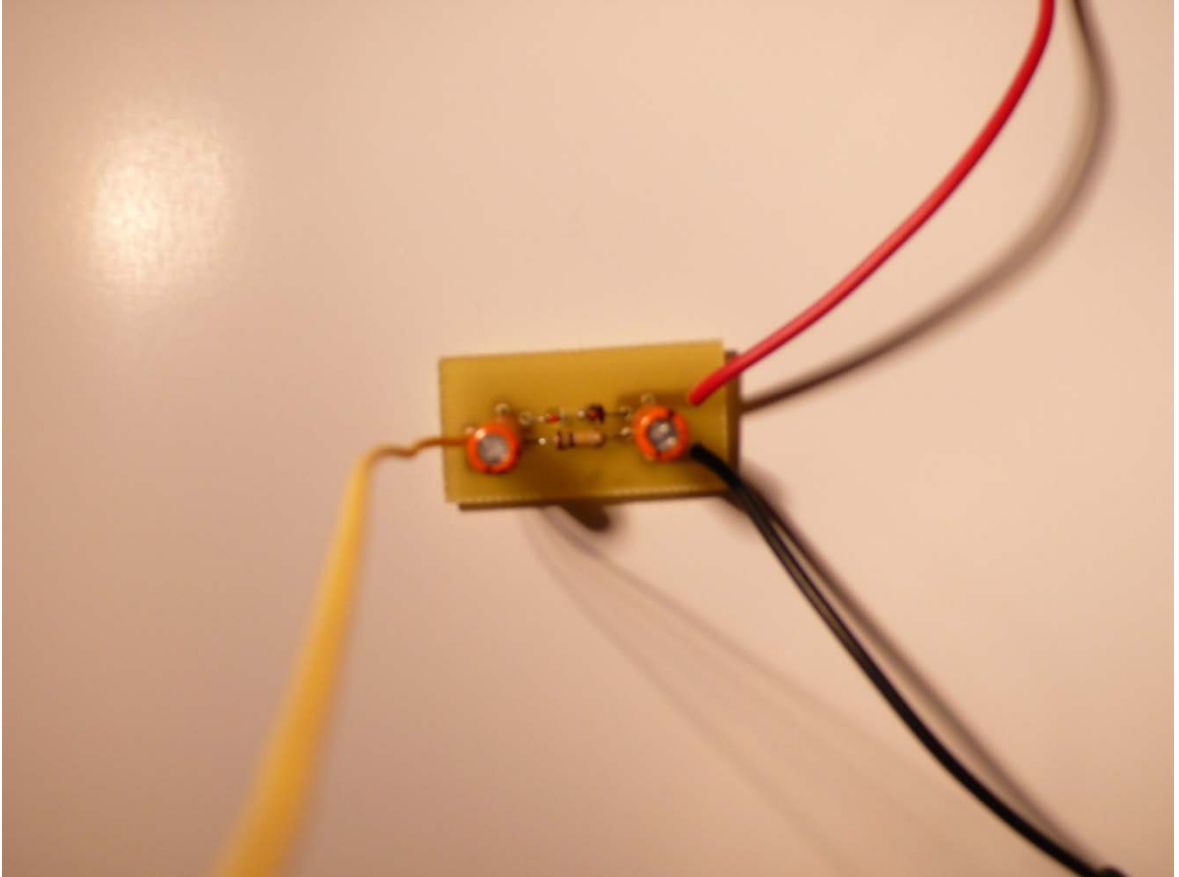
3.5.1 RF sinyalleri gerilime çeviren devre

Tasarlanan bu devre ortamdaki RF sinyalleri yakalayıp, bu sinyalleri DC olarak gerilime çevirmektedir. Devrenin kullandığı ana parça ST Microelectronics marka 1N5711 model diyottur. Bu diyotun özelliği yüksek (UHF) ve çok yüksek (VHF) frekanslara olan duyarlılığıdır. Sistemde ayrıca iki adet 0,1 μ F kapasitör ve bir adet

100 k Ω direnç kullanılmıştır. Şekil 3.9'da devrenin baskı devre şeması görülmektedir. Şekil 3.10'da tasarlanan devre görülmektedir.



Şekil 3.9 RF – Gerilim çeviricisi baskı devre şeması.

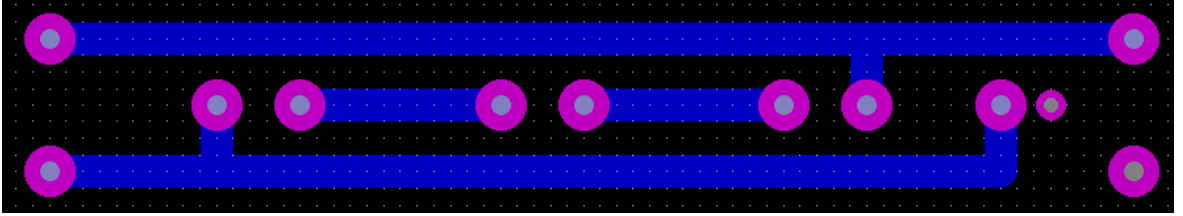


Şekil 3.10 RF sinyalleri gerilime çeviren devre.

3.5.2 Gerilime çevrilen RF sinyalleri depolayacak kapasitörler

Bölüm 3.5.1'de bahsedilen RF sinyallerin çevrilmesiyle elde edilen gerilimi depolamak ve etiket sistemlerini beslemek üzere üç adet 2,5 V – 10 F'lık

kapasitörler temin edilmiştir. Bu kapasitörler birbirine seri bağlanarak toplamda 7,5 Vdc gerilim depolayacak bir yapı elde edilmiştir. Şekil 3.11'de seri bağlanan kapasitörlerin baskı devre şeması görülmektedir. Şekil 3.12'de bu kapasitörler görülmektedir.



Şekil 3.11 Seri bağlanan kapasitörlerin baskı devre şeması.



Şekil 3.12 RF sinyallerden çevrilen gerilimi depolayacak kapasitörler.

3.6 Sistemlerde Kullanılan Yazılımlar

Tasarlanıp imal edilen bütün sistemlerde mikroişlemci olarak Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemciler kullanılmıştır. Bu mikroişlemcilerin programlanmasında PIC Basic Pro programlama dili kullanılmıştır. Programlar Mecanique firmasının Microcode Studio (v3.0.05) programı kullanılarak yazılmış ve bu program içerisinde PICBASIC PRO (v2.46) kullanılarak derlenmiştir. Mikroişlemcilerin programlanmasında IC-Prog (v1.05C) yazılımı kullanılmıştır. Mikroişlemcileri bilgisayarın seri portu üzerinden programlamak için ise seKALE marka PIC programlama kartı kullanılmıştır.

Çizelge 3.8'de okuyucu mikroişlemcisinin, Çizelge 3.9'da boş veri göndermeye yarayan mikroişlemcinin, Çizelge 3.10'da 433,92 MHz frekansında çalışan etiketin mikroişlemcisinin ve Çizelge 3.11'de 868 MHz frekansında çalışan etiketin mikroişlemcisinin hangi bacağına hangi görevi yerine getirdiği görülmektedir.

Çizelge 3.8 Okuyucu mikroişlemcisi bacak görevleri.

OKUYUCU	
PORTA	LCD
PORTB.0	Arama başlatma düğmesi
PORTB.1	Reset
PORTB.2	Alıcı giriş
PORTB.3	LCD
PORTB.4	Verici LED'i (Sarı)
PORTB.5	Sistem LED'i (Yeşil)
PORTB.6	Verici Vcc
PORTB.7	Verici çıkış

Çizelge 3.9 Boş veri mikroişlemcisi bacak görevleri.

BOŞ VERİ MİKROİŞLEMÇİSİ	
PORTA.2	Verici LED'i (Kırmızı)
PORTA.3	Sistem LED'i (Yeşil)
PORTB.3	Seri giriş
PORTB.7	Seri çıkış

Çizelge 3.10 433,92 MHz etiket mikroişlemcisinin bacak görevleri.

ETİKET (433,92 MHz)	
PORTB.0	Verici çıkış
PORTB.1	Verici Vcc
PORTB.3	Alıcı giriş
PORTB.6	Verici LED'i (Kırmızı)
PORTB.7	Sistem LED'i (Yeşil)

Çizelge 3.11 868 MHz etiket mikroişlemcisinin bacak görevleri.

ETİKET (868 MHz)	
PORTB.0	Verici çıkış
PORTB.1	Verici LED'i (Kırmızı)
PORTB.6	Sistem LED'i (Yeşil)
PORTB.7	Verici Vcc

Çalışma kapsamında tasarlanan sistem, alıcı / verici haberleşmesini asenkron seri iletişim ile gerçekleştirmektedir. Asenkron seri iletişimde 1 byte'lık veri 10 bit olarak gönderilmektedir [30]. Bu bitler:

- 1 başlangıç bit'i,
- 8 veri bit'i,
- 1 bitiş bit'idir.

Verici 1 byte'lık verinin gönderilmeye başladığını başlangıç bitiyle alıcıya bildirir. Arkasından veriyi içeren 8 bit gönderilir. Son olarak da bitiş bit'i gönderilerek iletişim tamamlanmaktadır [30].

Seri iletişimde hız baud veya bps (bit per second – saniyedeki bit sayısı) ile ifade edilir. Yapılan çalışmalarda, 433,92 MHz'de yapılan veri iletişimi için 2400 bps, 868 MHz'de yapılan veri iletişimi için de 9600 bps kullanılmıştır. 2400 bps'de 1 byte'lık veri 416.5 μ s hatta kalırken, 9600 bps'de 1 byte'lık veri 104 μ s hatta kalmaktadır. Görüldüğü gibi veri iletişim hızı baud rate ile doğru orantılıdır ancak yüksek baud rate'ler kolaylıkla veri kaybına sebep olabilmektedir [30].

3.6.1 SEROUT2 komutu

PIC Basic Pro'da, belirlenen bir pin üzerinden standart asenkron formatında (8N1) bir veya daha fazla veri göndermeye yaramaktadır. Dizilimi:

SEROUT2 DataPin {\FlowPin}, Mod, {Zaman aşımı, Etiket} [Veri...] [30]

şeklindedir.

3.6.2 SERIN2 komutu

PIC Basic Pro'da, belirlenen bir pin üzerinden standart asenkron formatında (8N1) bir veya daha fazla veri almaya yaramaktadır. Dizilimi:

SERIN2 DataPin {\FlowPin}, Mod, {Zaman aşımı, Etiket} [Veri...] [30]

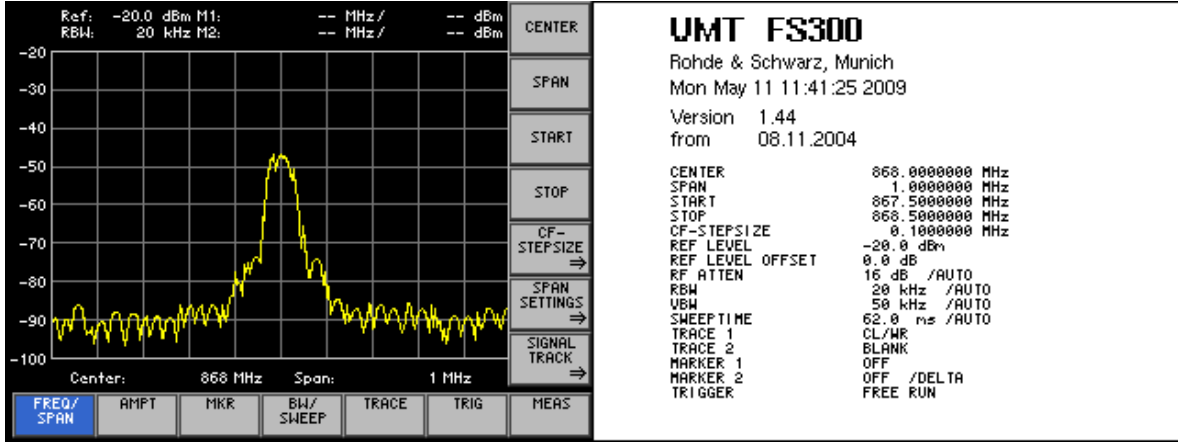
şeklindedir.

3.7 Mesafe Ölçümleri

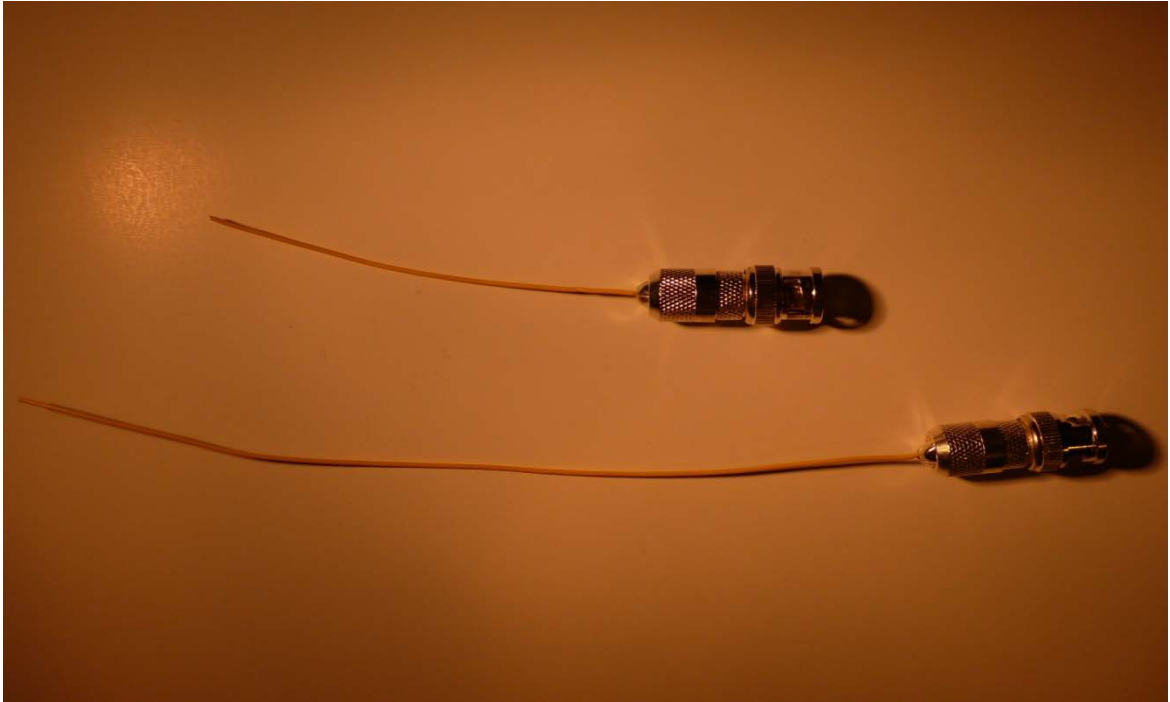
Tez çalışması kapsamında tasarlanıp, imal edilen etiket devrelerinin farklı ortamlardaki RF sinyal güçlerini ölçmek için Rohde & Schwarz marka, FS300 model spektrum analizör cihazı kullanılmıştır. Cihazın ekran görüntülerini sahip olduğu USB portuna takılan USB girişe sahip belleklere kaydetme özelliği bulunmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan bütün ölçümler bu yöntemle kayıt altına alınmıştır. Şekil 3.13'de bu şekilde alınmış olan örnek ekran görüntüsü bulunmaktadır.

433,92 MHz frekansında ölçümler yapılırken, Şekil 3.14'de görülen bir ucu BNC soket olan 17 cm uzunluğunda anten kullanılmıştır.

868 MHz frekansında ölçümler yapılırken, yine Şekil 3.14'de görülen bir ucu BNC soket olan 8,5 cm uzunluğunda anten kullanılmıştır.



Şekil 3.13 Spektrum analizör cihazının örnek ekran görüntüsü.



Şekil 3.14 Kullanılan antenler.

3.7.1 Hava ortamında yapılan ölçümler

Hava ortamında yapılan deneylerde, hem 433,92 MHz hem de 868 MHz frekansında çalışan etiketler, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m ve 40 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek, RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur.

3.7.2 Cansız tavukla yapılan ölçümler

İnsan vücudunu temsil etmesi amacıyla tavuk kullanılarak yapılan deneylerde, 433,92 MHz frekansında çalışan etiket, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m ve 40 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur. 868 MHz frekansında çalışan etiket için ise etiket spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m ve 20 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur. Şekil 3.15'de deneylerde kullanılan tavuğun içine etiket yerleştirilmiş hali görülmektedir.



Şekil 3.15 İçine etiketlerin yerleştirildiği tavuk.

3.7.3 Değişik iletkenliğe sahip sıvılarla yapılan ölçümler

Tez çalışması kapsamında tasarlanıp, imal edilen etiket devrelerinin farklı iletkenliğe sahip sıvı ortamlardaki RF sinyal güçleri spektrum analizör cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İnsan vücudunun farklı bölgeleri ve farklı sıvıları sıfıra çok yakın değerlerde iletkenliğe sahip olabilirken (örneğin; mukoza membranı), bazı bölgelerde 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine (örneğin; beyin omurilik sıvısı) çıkabilmektedir. Değişik iletkenliklerde gerçekleştirilen bu deneyler neticesinde iletkenliğin RF sinyalleri üzerinde oluşturduğu etki gözlemlenmek istenmiştir [32].

Değeri bilinen farklı iletkenliğe sahip sıvılar hazırlanırken, Sartorius marka, PP-20 model cihazdan faydalanılmıştır.

433,92 MHz frekansında çalışan etiketler 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenliğe sahip sıvılar içerisinde, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m, 20 m ve 25 m, uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur.

868 MHz frekansında çalışan etiketler 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenliğe sahip sıvılar içerisinde, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m ve 10 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur.

Şekil 3.16'da değişik iletkenlikteki sıvıları hazırlamak için kullanılan iletkenlik ölçme cihazı görülmektedir.

3.7.4 Değişik hacimlerde yapılan ölçümler

1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenliğe sahip 5 lt, 10 lt ve 20 lt hacmindeki sıvılar içerisine yerleştirilen ve 433,92 MHz frekansında çalışan etiket, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m, 10 m, 15 m, 20 m ve 25 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur.

1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenliğe sahip 5 lt, 10 lt ve 20 lt hacmindeki sıvılar içerisinde yerleştirilen ve 868 MHz frekansında çalışan etiket, spektrum analizör cihazından 1 m, 3 m, 5 m, 8 m ve 10 m uzaklıktaki mesafelere yerleştirilerek, RF sinyal güçlerinin kayıtları tutulmuştur.

Şekil 3.17' de değişik hacimlerde yapılan ölçümlerde kullanılan kaplar görülmektedir.



Şekil 3.16 İletkenlik ölçme cihazı.



(a)



(b)

Şekil 3.17 Değişik hacimlerde deneyler için kullanılan kaplar (a) 20 lt hacimli kap (b) 10 litre hacimli kap.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu bölüm yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemleri ve detaylarını içermektedir. Öncelikle imal edilen 433,92 MHz ve 868 MHz frekanslarında çalışan etiketlerin çalışma mantıklarına değinilmiştir. Daha sonra hava ortamında, cansız tavuk içerisinde, değişik iletkenliğe sahip sıvılar içerisinde ve değişik hacimlerdeki sıvılar içerisinde deneylere tabi tutulmuştur ve bu deneylerin sonuçları bu bölümde tartışılmıştır.

4.1 433,92 MHz Frekansında Çalışan Etiket

Bölüm 3.1.1'de teknik özellikleriyle anlatılan 433,92 MHz frekansında çalışan etiket sisteminde kullanılan UDEA marka ARX-34 model RF alıcı, yüksek frekans kararlılığı ve düşük akım sarfiyatı sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır.

ARX-34 alıcı modül, Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının Temel Standartları ile Kurma ve Kullanma Esasları Hakkında Yönetmelik (TGM-STK-001) 'in 433-434 MHz ISM bandı ile ilgili bölümünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır [27].

Fiyatının düşük olması ve anten bağlantısı dışında herhangi başka bir parçaya ihtiyaç duymaması modülün seçiminde önemli rol oynamıştır.

Bölüm 3.1.2'de teknik özellikleriyle anlatılan 433,92 MHz frekansında çalışan etiket sisteminde kullanılan UDEA marka ATX-34 model RF verici, yüksek frekans kararlılığı ve düşük akım sarfiyatı sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır. İmal edilen etiket sistemi, verici modülü kapalıyken 16 mA, verici modülü açıkken 21 mA akım çekmektedir.

ATX-34 verici modül, Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının Temel Standartları ile Kurma ve Kullanma Esasları Hakkında Yönetmelik (TGM-STK-001) 'in 433-434 MHz ISM bandı ile ilgili bölümünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır [27].

Fiyatının düşük olması ve anten bağlantısı dışında herhangi başka bir parçaya ihtiyaç duymaması modülün seçiminde önemli rol oynamıştır.

Bölüm 3.1.3'de teknik özellikleriyle anlatılan ve imal edilen etiketlerde kullanılan RF alıcı ve verici modüllerin kontrolünü sağlamak amacıyla Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemciler kullanılmıştır.

Bu mikroişlemcinin seçilme sebepleri, kullanılan RF modüllerle gerçekleştirilen seri iletişime kolaylıkla adapte edilebilmesidir. Ayrıca RF modüllerin çalışma hızlarıyla da uyumludur. Çalışmanın amacına uygun olarak yeterli belleğe ve giriş / çıkış bacak sayısına sahiptir. Programlanmalarının kolay olması ve fiyatlarının düşük olması da bu mikroişlemcilerin seçiminde önemli rol oynamıştır.

4.2 433,92 MHz Frekansında Çalışan Okuyucu

Bölüm 3.1.1'de teknik özellikleriyle anlatılan 433,92 MHz frekansında çalışan okuyucu sisteminde kullanılan UDEA marka ARX-34 model RF alıcı, yüksek frekans kararlılığı ve düşük akım sarfiyatı sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır.

Bölüm 3.1.2'de teknik özellikleriyle anlatılan 433,92 MHz frekansında çalışan okuyucu sisteminde kullanılan UDEA marka ATX-34 model RF verici, yüksek frekans kararlılığı ve düşük akım sarfiyatı sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır.

Bölüm 3.1.3'de teknik özellikleriyle anlatılan ve imal edilen okuyucuda kullanılan, RF alıcı ve verici modüllerin kontrolünü sağlamak amacıyla Microchip marka PIC16F84A model mikroişlemciler kullanılmıştır.

4.3 Tasarlanan Sistemin Akış Diyagramı

Okuyucu devresi açıldıktan sonra ekrana sistemin aramaya hazır olduğu yazdırılmaktadır. Kullanıcı arama başlatma düğmesine bastıktan sonra okuyucu sistemi hafızasında bulunan etiket numaralarını sırayla aramaya başlamaktadır.

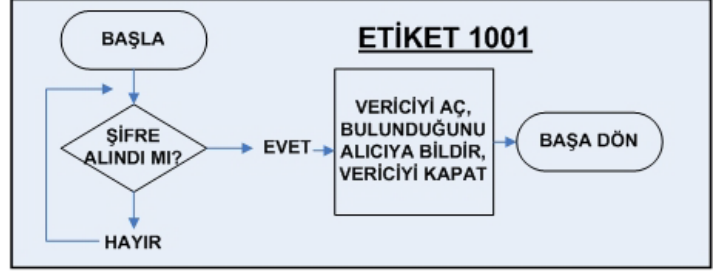
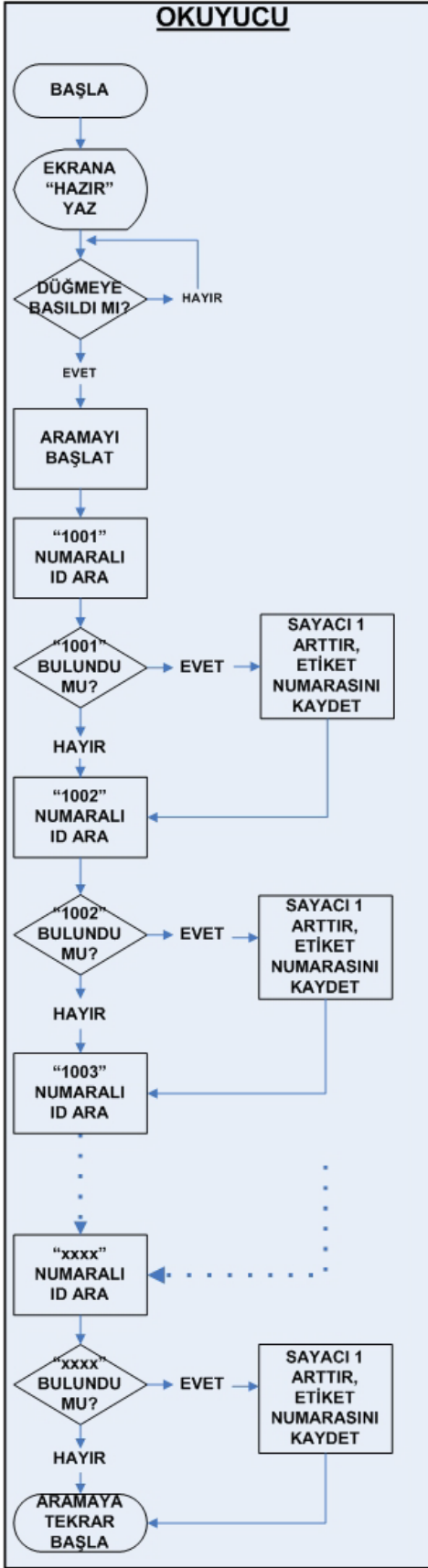
Örneğin, 1001 numaralı etiket aranmaya başlandığında, okuyucu ünitesinin verici modülü açık konuma getirilmekte ve ortama 1001 numaralı etiketin kodu RF sinyallerle gönderilmektedir. Okuyucu tarafından gerekli RF sinyal ortama gönderildikten sonra okuyucu ünitesinin RF verici modülü kapatılmaktadır. 1001 numaralı etiket ortamda bulunuyorsa ve açık konumdaysa bu sinyali almakta, RF verici modülünü açıp bulunduğu RF sinyali ortama göndermekte ve RF verici modülünü kapatmaktadır. Bu sinyali alan okuyucu devresi de sayacını 1 arttırarak 1001 numaralı etiketi bulduğunu hafızasına kaydetmektedir. Bu işlem okuyucu sistemin hafızasında bulunan son etikete kadar bu şekilde devam etmektedir.

Hem etiketlerde hem de okuyucuda RF verici modüller sadece RF sinyaller gönderileceği zaman mikroişlemci kontrollü olarak açık konuma getirilmektedir. Bunun sebebi, bütün etiketlerin ve okuyucunun aynı frekansta çalışmalarından dolayı oluşabilecek sinyal çarpışmalarının diğer bir deyişle veri kayıplarının önüne geçmektir.

Eğer okuyucunun aradığı etiket ortamda değil ise, okuyucu sistem üzerinde bulunan ikinci mikroişlemci belli bir süre bekledikten sonra ana sisteme boş veri göndererek, sistemin aramaya bir sonraki etiketten devam etmesini sağlamaktadır. Bu durumda sayaç arttırılmamakta ve herhangi bir etiket numarası hafızaya alınmamaktadır.

Okuyucu sistemin hafızasında kayıtlı olan son etiket kontrol edildikten sonra, ekrana ortamda kaç adet etiket bulunduğu ve bulunan etiketlerin numaraları yazdırılmaktadır. Bu aşamadan sonra sistem aramaya tekrar baştan başlamakta, kullanıcı sistemi kapatana kadar da bu şekilde devam etmektedir.

Tasarlanan sistemin akış diyagramı Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Tasarlanan sistemin akış diyagramı.

4.4 868 MHz Frekansında Çalışan Alıcı / Verici Modül

Tasarlanan etikette RF vericisi olarak UDEA marka, UTR-C10U model RF alıcı / verici devresi kullanılmıştır. Bu verici ünitesi 868 MHz frekansında çalışmaktadır. Yüksek frekans kararlılığı ve düşük akım sarfiyatı sebebiyle bu çalışmada kullanılmıştır.

UTR-C10U verici modül, Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarının Temel Standartları ile Kurma ve Kullanma Esasları Hakkında Yönetmelik (TGM-STK-001) 'in 863-870 MHz ISM bandı ile ilgili bölümünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır [27].

Anten bağlantısı dışında herhangi başka bir parçaya ihtiyaç duymaması modülün seçiminde önemli rol oynamıştır.

4.5 RF Temelli Güç Kaynağı

Bölüm 3.5'de tasarımı anlatılmış olan RF temelli güç kaynağı ile yapılan denemeler ve sonuçları bu bölümde anlatılmaktadır.

4.5.1 RF sinyalleri gerilime çeviren devre

Bölüm 3.5.1'de özellikleri anlatılan RF sinyalleri gerilime çeviren devre ile yapılan çok yakın mesafedeki denemelerde, önceki bölümlerde anlatılan UDEA marka ATX-34 model vericiler kullanılarak, imal edilen sistemin çıkışında 1,5 Vdc değeri okunmuştur. Kullanılan vericinin çıkış gücü, önceden bahsedildiği gibi 10 mW'tır. Standart haberleşme amacıyla kullanılan bir telsizi 433,92 MHz frekansına ve 5 W çıkış gücüne ayarlayarak yapılan deneylerde ise imal edilen RF sinyalleri gerilime çeviren devrenin çıkışında 8 Vdc'a yakın değerler okunmuştur. Bu denemeden yola çıkarak, imal edilen sistemde daha güçlü RF vericiler kullanılırsa elde edilen çıkış geriliminin arttırılabileceği düşünülmektedir.

4.5.2 Gerilime çevrilen RF sinyalleri depolayacak kapasitörler

Bölüm 3.5.2'de özellikleri anlatılan kapasitörlerin bir DC güç kaynağı ile tam doldurulduğu durumda, 433,92 MHz frekansında çalışan etiketleri 30 dakikanın üzerinde bir süre sorunsuz olarak çalıştırabildiği gözlemlenmiştir. Kapasitörleri doldurmak için kullanılan DC güç kaynağı 9 V – 500 mA çıkışa sahiptir ve kapasitörleri 7,5 Vdc gerilimine kadar doldurmaları yaklaşık 20 saniye sürmektedir.

4.6 İmal Edilen Sistemlerde Kullanılan Yazılım

Bu bölümde imal edilen sistemlerde veri iletişimde kullanılan standart protokol, seri veri çıkışı ve girişi için kullanılan kodlar anlatılmıştır.

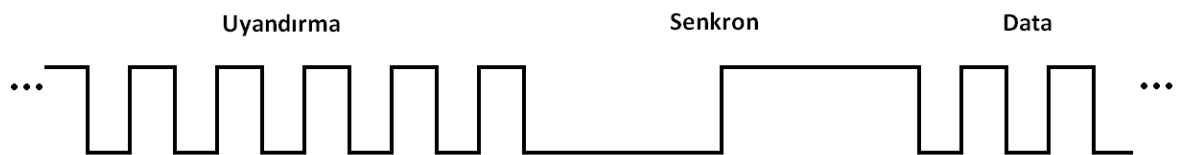
4.6.1 Veri iletişimde kullanılan standart protokol

İmal edilen sistemlerin veri iletişimde standart protokol olarak;

Uyandırma + Senkron + Data

veri protokolü kullanılmıştır. Uyandırma (preamble) ve senkron verileri, seri iletişimde, vericinin alıcıyı veri almaya hazır hale getirmesini sağlamaktadır. Bu protokolün kullanılması veri kayıplarının önüne geçmektedir.

Uyandırma verisi olarak 5 byte 0x55 kullanılmıştır. Senkron verisi olarak da 5 byte 0x00 + 5 byte 0xFF kullanılmıştır. Şekil 4.2'de uyandırma ve senkron verileri görülmektedir.



Şekil 4.2 Uyandırma ve senkron verileri.

4.6.2 SEROUT2 komutu

Bölüm 3.6.1’de anlatılan SEROUT2 komutu okuyucu ünitesinde 433,92 MHz için,

```
SEROUT2 PORTB.7, 396, ["V","E","R","I","C","I",DEC I]
```

etiket ünitesinde 433,92 MHz için,

```
SEROUT2 PORTB.0, 396, ["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
```

şeklinde kullanılmıştır.

Burada okuyucu ünitesi için PIC16F84A’nın B.7 portu, etiket ünitesi için ise B.0 portu seri iletişim için veri çıkış portu olarak kullanılmıştır. Kod diziliminde 396 ise 2400 baud rate’in modudur. Etiket olarak okuyucu ünitesinde VERICI etiketi, etiket tarafında ise SISTEM etiketi kullanılmıştır.

Okuyucunun sadece istenen etiketi bulmasını sağlayan kod bölümü ise veri kısmında gönderilen DEC I değişkeni ile sağlanmaktadır. Benzer şekilde etiketin okuyucuya bulunduğuna dair bilgi göndermesi VERICI1 (arama esnasında VERICI2, VERICI3, VERICI4, ... şeklinde devam etmektedir) değişkeni ile sağlanmaktadır.

4.6.3 SERIN2 komutu

Bölüm 3.6.2’ de anlatılan SERIN2 komutu okuyucu ünitesinde 433,92 MHz için,

```
SEROUT2 PORTB.2,396,[WAIT(SISTEM),DEC KONTROL]
```

etiket ünitesinde 433,92 MHz için,

```
SEROUT2 PORTB.3,396,[WAIT(VERICI), DEC ALICI]
```

şeklinde kullanılmıştır.

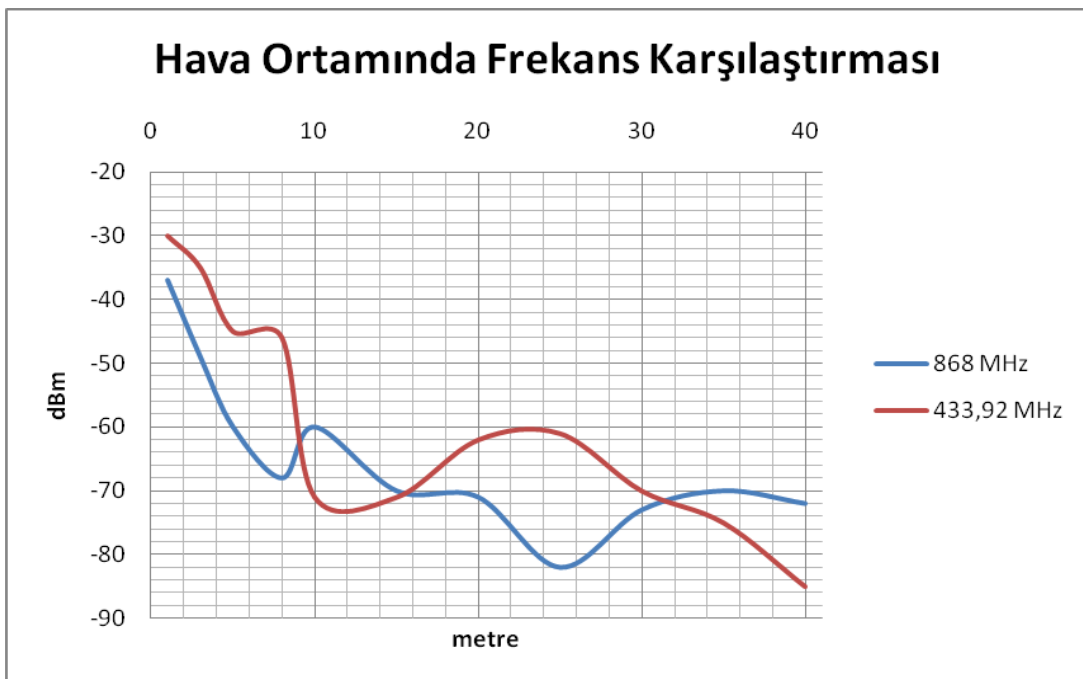
Burada okuyucu ünitesi için PIC16F84A'nın B.2 portu, okuyucu ünitesi için ise B.3 portu seri iletişim için veri giriş portu olarak kullanılmıştır. Kod diziliminde 396 ise 2400 baud rate'in modudur. Etiket olarak okuyucu ünitesinde SISTEM etiketi, etiket tarafında ise VERICI etiketi kullanılmıştır ve bu etiketler üniteler tarafından alınmadıkça herhangi bir işlem yapılmamaktadır.

4.7 Gerçekleştirilen Deneylerin Sonuçları

Bölüm 3.7'de anlatılan koşullarda gerçekleştirilen mesafe ölçüm sonuçları bu bölümde verilmektedir.

4.7.1 Hava ortamında frekans karşılaştırması

Bölüm 3.7.1'de verilen mesafelerde yapılan ölçümler sonucunda Şekil 4.3'de görülen grafik elde edilmiştir.



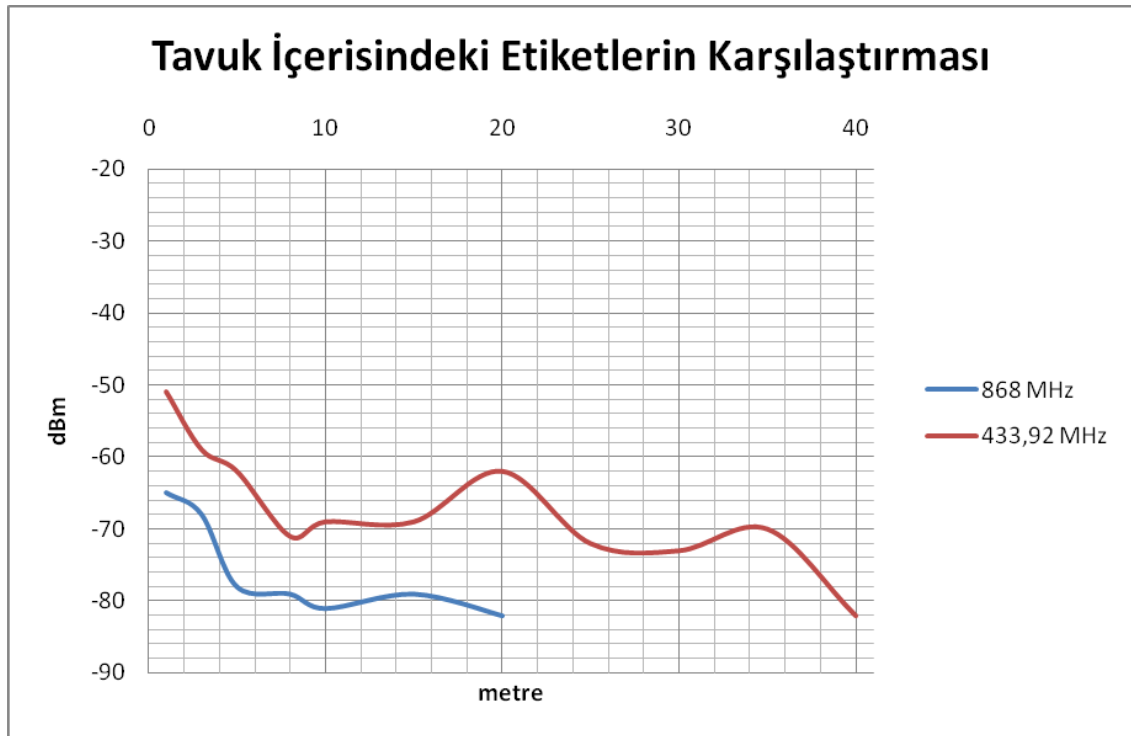
Şekil 4.3 Hava ortamında frekans karşılaştırma grafiği.

Şekil 4.3'deki grafikte görüldüğü gibi hava ortamında yapılan deneylerde hem 433,92 MHz hem de 868 MHz frekanslarında, RF sinyal güçlerinde 10 m'ye kadar hızlı bir azalma görülmektedir. 10 m'den sonra RF sinyal güçlerinde görülen azalma hızı daha yavaştır.

4.7.2 Dokuların RF sinyallere etkisi

Bölüm 3.7.2'de verilen mesafelerde etiketler cansız tavuk içerisindeyken yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'de görülmektedir.

Şekil 4.4'deki grafik, Şekil 4.3'deki grafikte karşılaştırılacak olursa, 1 m mesafede hem 433,92 MHz hem de 868 MHz frekanslarındaki RF sinyal gücünün yaklaşık 20 – 25 dBm daha düşük olduğu görülmektedir. Hava ortamında yapılan deneylerde çıkan sonuçlara benzer şekilde her iki frekansın RF sinyal güçlerinde 10 m'lik mesafeye kadar hızlı bir azalma, sonrasında daha yavaş bir azalma gözlemlenmektedir. Buna rağmen 433,92 MHz frekansında daha uzun mesafelerde iletişim gerçekleştirilebilmektedir.

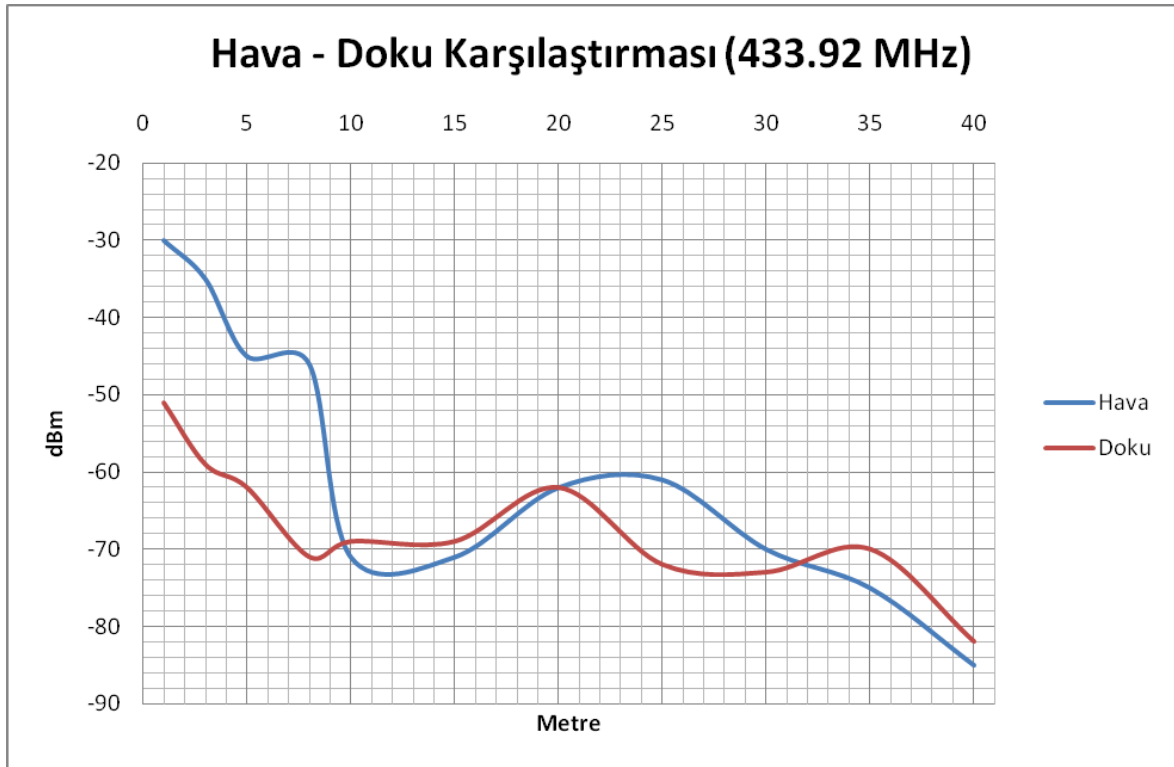


Şekil 4.4 Tavuk içerisindeki etiketlerin karşılaştırması.

4.7.3 433,92 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması

Hava ortamında ve tavuk kullanılarak yapılan deneylerde, Şekil 4.5'de yapılan ölçümlerin grafiğe aktarılmış hali görülmektedir.

Şekil 4.5'deki grafikte görüldüğü gibi 1 m mesafede tavuk içerisindeki 433,92 MHz frekansındaki etiketin RF sinyal gücünün hava ortamına göre yaklaşık 20 dBm daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki ortamda da 10 m'lik mesafeye kadar hızlı bir azalma, sonrasında daha yavaş bir azalma gözlemlenmektedir. Yine aynı grafikten görülebileceği üzere 10 m'den sonra RF sinyal güçleri birbirini çok yakın takip etmektedir. Buradan yola çıkarak 10 m mesafeden sonra 433,92 MHz frekansında, dokuların RF sinyal gücündeki azalmaya etkisinin az olduğu, çevresel etkilerin ise daha baskın olduğu söylenebilmektedir.

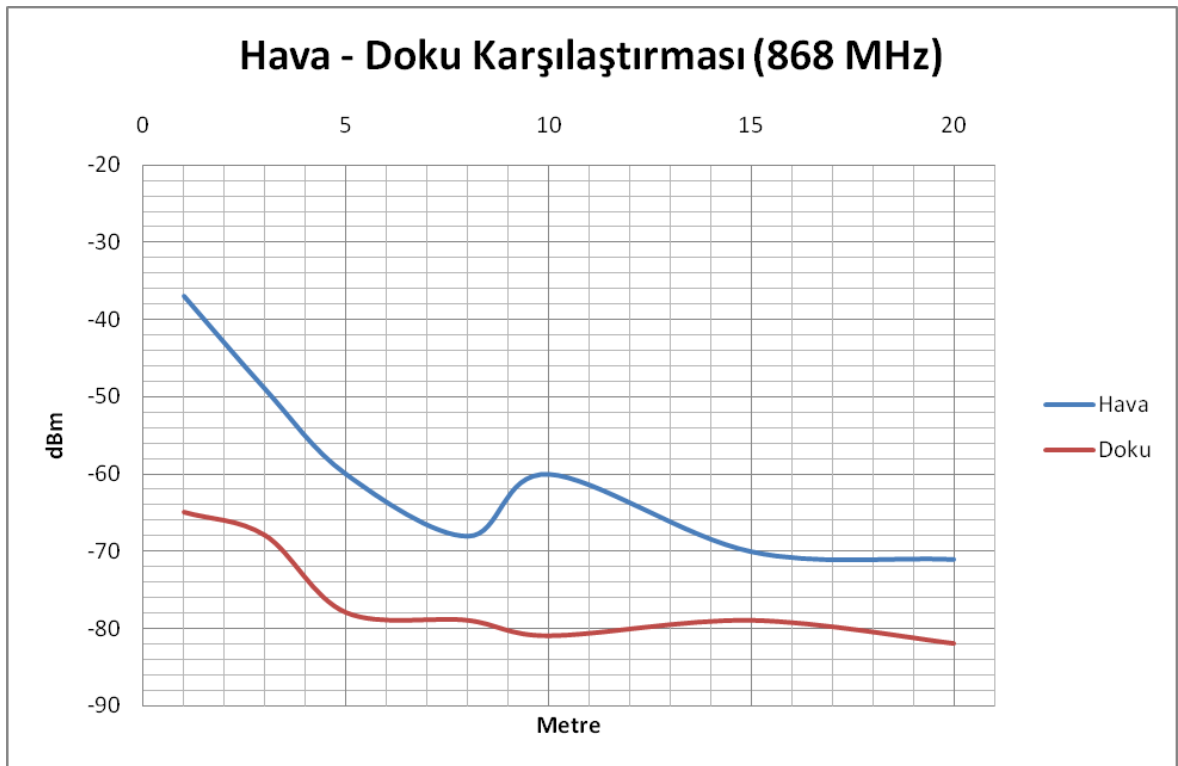


Şekil 4.5 433,92 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.

4.7.4 868 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması

Hava ortamında ve tavuk kullanılarak yapılan deneylerde, Şekil 4.6'de yapılan ölçümlerin grafiğe aktarılmış hali görülmektedir.

Şekil 4.6'deki grafikte görüldüğü gibi 1 m mesafede tavuk içerisindeki 868 MHz frekansındaki etiketin RF sinyal gücünün hava ortamına göre yaklaşık 25 dBm daha düşük olduğu görülmektedir. Her iki ortamda da 6 m'lik mesafeye kadar hızlı bir azalma, sonrasında daha yavaş bir azalma gözlemlenmektedir. Grafikten görülebildiği üzere, 868 MHz frekansındaki etiketin ortama gönderdiği RF sinyaller dokulardan oldukça fazla etkilenmektedir. Grafiğin genelinde hava ortamındaki etiketle tavuk içerisindeki etiketin sonuçları arasında 10 – 15 dBm fark olduğu görülmektedir.

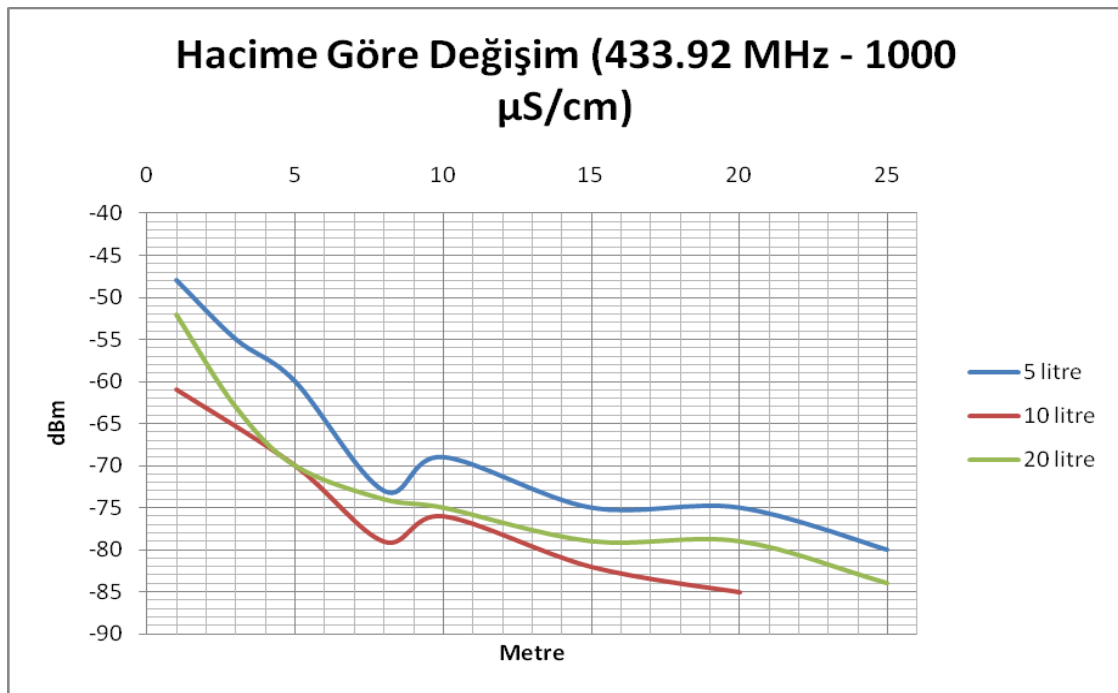


Şekil 4.6 868 MHz frekansında hava – doku karşılaştırması.

4.7.5 433,92 MHz frekansında hacim karşılaştırması

Şekil 4.7’de 433,92 MHz frekansında değişik hacimlerde yapılan ölçümlerin grafiğe aktarılmış hali görülmektedir.

Şekil 4.7’deki grafik incelendiğinde, hacim artışının 433,92 MHz frekansında RF sinyallerinin gücünde yaklaşık 8 – 10 dBm’lik düşüğe sebep olduğu görülmektedir. Bu durum 1 m mesafeden 20 m mesafeye kadar aynı şekilde devam etmektedir.



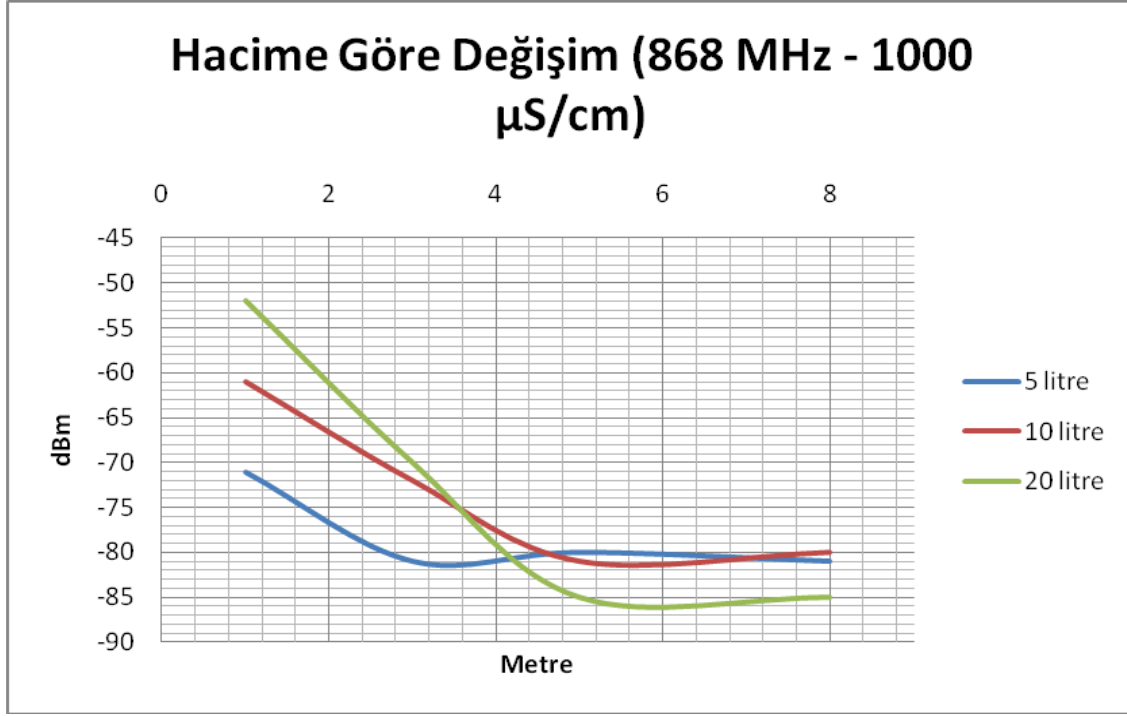
Şekil 4.7 433,92 MHz frekansında hacim karşılaştırması.

4.7.6 868 MHz frekansında hacim karşılaştırması

Şekil 4.8’de 868 MHz frekansında değişik hacimlerde yapılan ölçümlerin grafiğe aktarılmış hali görülmektedir.

Şekil 4.8’de görülen grafiğe bakıldığında 20 lt’lik sıvı içerisinde bulunan 868 MHz frekansında çalışan etiketin RF sinyal gücünde 3 m mesafeye kadar hızlı bir azalma sergilediği görülmektedir. 5 lt’lik ve 10 lt’lik sıvı içerisinde bulunan etiketlerin ise 5 m’den sonra birbirine çok yakın değerler ortaya koyduğu, 20 lt’lik

sıvı içerisinde bulunan etiket in de diğ er hacim değ erlerindeki sonuçlara yakın değ erler verdiğ i, yani bu frekansta 5 m'den sonra hacmin etkisinin ortadan kalktığ ı g r lmektedir.

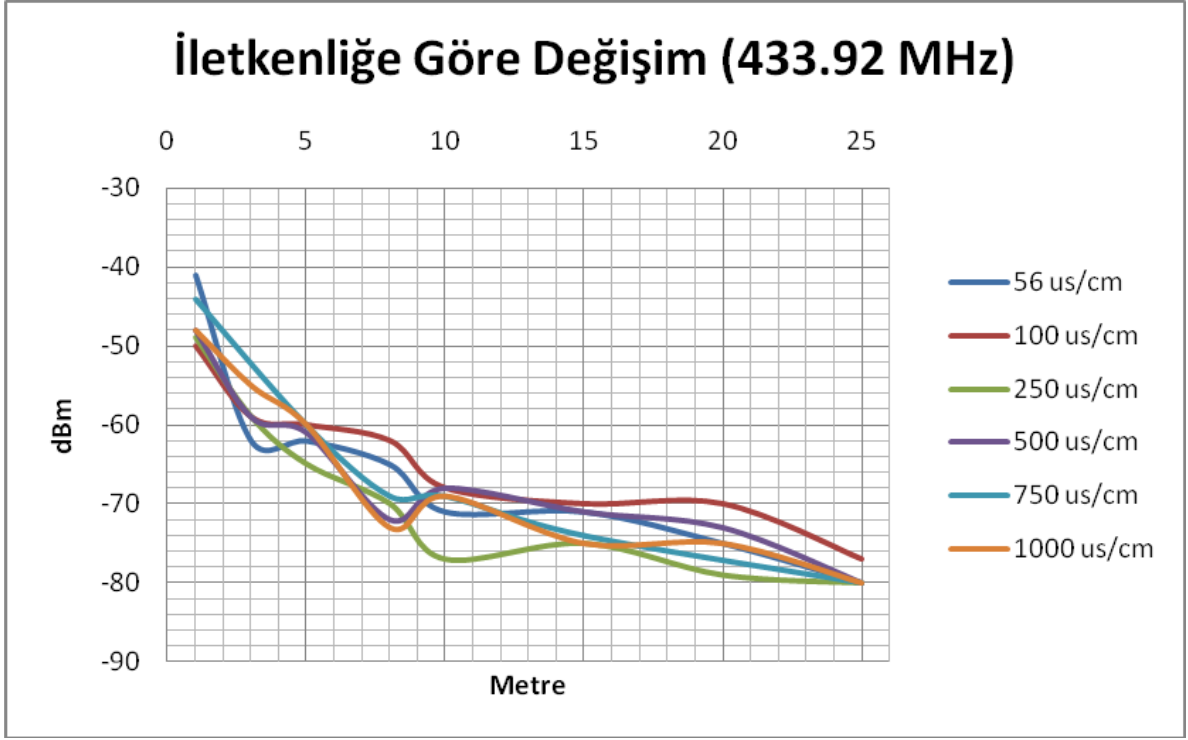


ř ekil 4.8 868 MHz frekansında hacim karş ılaş tırması.

4.7.7 433,92 MHz frekansında iletkenliğ e g re değ iç im

ř ekil 4.9'da 433,92 MHz frekansında farklı iletkenliğ e sahip sıvılar iç erisinde yapılan  lç  mlerin grafiğ e aktarılmış hali g r lmektedir.

ř ekil 4.9'daki grafikten g r lebildiğ i gibi, 433,92 MHz frekansında iletkenliğ in RF sinyal g çlerinde belirgin bir farklılık yaratmadığ ı g r lmektedir. 1 m'den 25 m'ye kadar elde edilen değ erlerin birbirlerine ç ok yakın olduğu ve birbirlerine benzer davranış lar sergilediğ i g r lmektedir. Bu durum tez ç alış masının amacı olan ameliyat sonrasında hasta v cundunda unutulana cerrahi malzemelerin tespitine yarayan cihaz tasarımı iç in iyi bir durumdur. Bu grafik tasarlanana sistemin insan v cundundaki farklı iletkenliğ e sahip b lgelerden ve v cut sıvılarından etkilenmeyeceğ ine iç aret etmektedir.

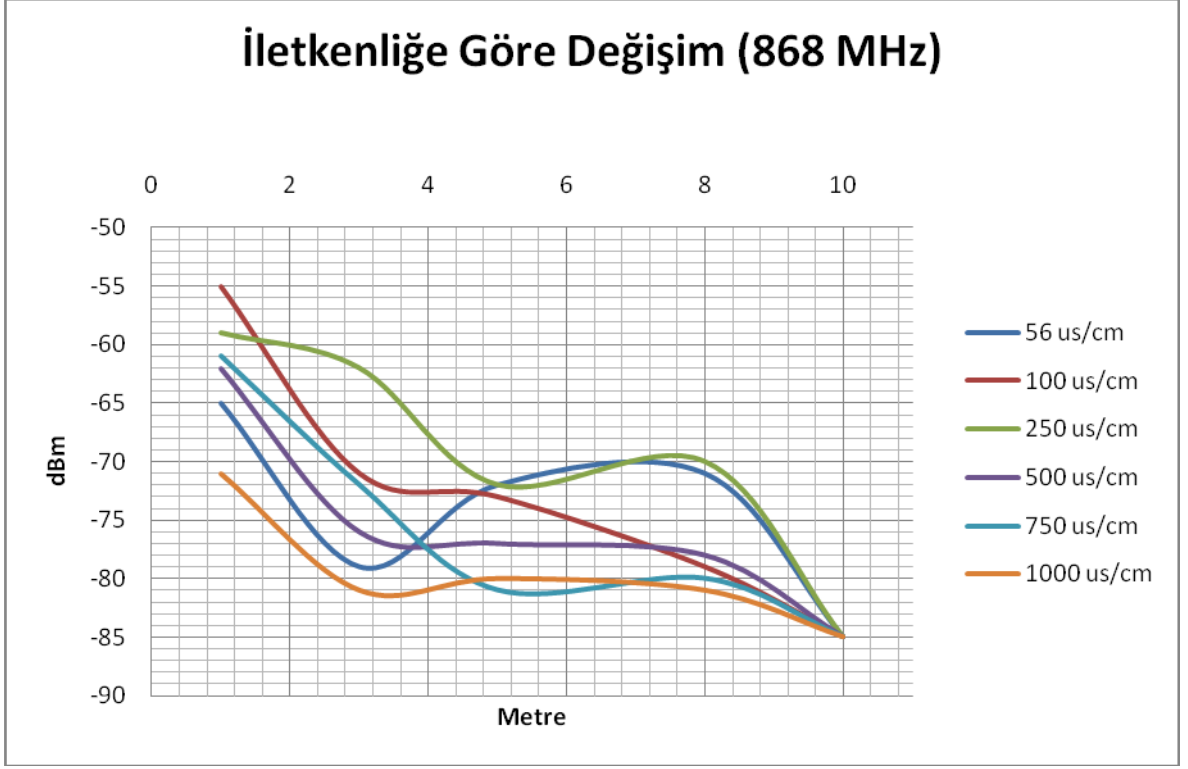


Şekil 4.9 433,92 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.

4.7.8 868 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim

Şekil 4.10'da 868 MHz frekansında farklı iletkenliğe sahip sıvılar içerisinde yapılan ölçümlerin grafiğe aktarılmış hali görülmektedir.

Şekil 4.10'daki grafikten görülebildiği gibi 433,92 MHz frekansında da elde edilen sonuçlara yakın değerler 868 MHz frekansında çalışan etikette de görülmektedir. RF sinyallerdeki değişimlerin iletkenlik değişiminden çok, çevresel faktörlere bağlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10 868 MHz frekansında iletkenliğe göre değişim.

4.8 Gelecek Çalışma Önerileri

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar, ameliyat sonrasında hasta vücudunda unutulmuş cerrahi malzemelerin tespitinde, tasarlanan sistem yeteri kadar küçük boyutlarda üretilebilirse, sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesine işaret etmektedir. Yapılan denemeler sonucunda çevresel faktörlerden daha az etkilendiği görülen 433,92 MHz frekansında çalışan vericilerin çalışmanın amacına daha uygun olduğu görülmüştür.

Sistemin gerçek hayatta kullanılabilmesi için öncelikle ameliyat esnasında kullanılan malzemelerin işlevini etkilemeyecek boyutlara getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle RF temelli güç kaynağının sistemi çalıştıracak hale getirilerek, boyut olarak küçültülme olanakları sınırlı olan pillerin sistemden çıkartılması gerekmektedir. Daha sonra tasarlanan sistemin bir bütün olarak küçültülme çalışmalarının yapılması düşünülmektedir.

Sistem yeteri kadar küçük boyutlara indirildikten sonra tasarlanan sistemin gerçek hayatta kullanılabilirliğini daha kesin sonuçlarla gösterebilmek için, sistemin öncelikle kadavralarda daha sonra gerçek operasyonlarda testlere tabi tutulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR LİSTESİ

[1] KAISER, C. William, FRIEDMAN, Sissie, Spurling, Kathleen Pfeifer, SLOWICK, Timothy, KAISER, Holly A., The retained surgical sponge, *Annals of Surgery*, vol.224, no.1, s.79-84, 1996.

[2] GAWANDE, Atul A., STUDDERT, David M., ORAV, E. John, BRENNAN, Troyen A., ZINNER, Michael J., Risk factors for retained instruments and sponges after surgery, *The New England Journal of Medicine*, vol.348, no.3, s.229-235, 2003.

[3] FABIAN, Carl E., Electronic tagging of surgical sponges to prevent their accidental retention, *Surgery*, vol.137, no.3, s.298-301, 2004.

[4] Bacheldor, B., RFID-enabled surgical sponges a step closer to OR, *RFID Journal*, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/3446/1/1/>, 2005.

[5] Amy E., L., Andrew, H., Joseph, C., Cathy, S., Kent, K., B. Todd, H., Retained Foreign Bodies After Surgery, 1st Annual Surgical Congress, San Diego-CA, s.170-174, 2006.

[6] PELTER, Michele M., STEPHENS, Kimberley E., LORANGER Denise, an evaluation of a numbered surgical sponge product, *AORN Journal*, vol.85, no.5, s.931-940, 2007.

[7] Nilo, R., Rosemary, M., Lia, A., Allen A., W., A. B., C., Douglas L., L., Richard C., B., Joseph A., M., Mike, M., Russel H., T., ASSIST – Automated System for Surgical Instrument and Sponge Tracking, 2008 IEEE International Conference on RFID, Nevada-USA, s.297-302, 2008.

[8] Recommended practices for sponge, sharps, and instrument counts, *AORN Journal*, vol.83, no.2, s.418-433, 2006.

[9] Revesz G, Siddiqi TS, Buchheit WA, Bonitatibus M., Detection of retained surgical sponges, *Radiology*, vol.149, s.411-413, 1983.

[10] HUNTER, Tim B., TALJANOVIC, Mihra S., Foreign Bodies, *RadioGraphics*, vol.23, no.3, s.731-757, 2003.

[11] BANI-HANI, Ke, GHARAIBEH, Ka, YAGHAN, Rj, Retained surgical sponges (gossypiboma), *Asian Journal of Surgery*, vol.28, s.109-115, 2005.

- [12] Shang-Wei, W., Wun-Hwa, C., Chorng-Shyong, O., Li, L., Yun-Wen, C., RFID Applications in Hospitals: A case Study on a Demonstration RFID Project in a Taiwan Hospital, 39th Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai-USA, s.1-10, 2006.
- [13] BOLOTNYY, L., ROBINS, G., Multi-tag RFID systems, International Journal of Internet Protocol Technology, vol.2, no.3/4, s.218-231, 2007.
- [14] Defence Research and Development Canada, RFID Technology in Healthcare and Mass Casualty Incidents, TM 2008-131, DRDC Ottawa, 49p, 2008.
- [15] Sarma, S., Brock, D., Engels, D., Radio Frequency Identificaton and The Electronic Product Code, IEEE Micro, s.50-54, sayı: November-December 2001, 2001.
- [16] Cheng-Ju, L., Li, L., Shi-Zong, C., Chi Chen, W., Chun-Huang, H., Xin-Mei, C., Mobile Healthcare Service System Using RFID, 2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control, Taipei-Taiwan, s.1014-1019, 2004.
- [17] RAMAKRISHMAN, Karthik Narayanan Moncombu, Performance benchmarks for passive UHF RFID tags, M.Sc. thesis, Guindy – Anna University, Chennai, India, 100p, 2005.
- [18] Fan, J., Donghui, G., L. L., C., Analysis and Design of Power Generator on Passive RFID Transponders, Progress In Electromagnetics Research Symposium, Hangzhou-China, s.1357-1362, 2008.
- [19] KROHN, Rick, RFID: It's about more than asset tracking, Journal of Healthcare Information Management, vol.19, no.3, s.20-23, 2004.
- [20] JIANG, Bing, SMITH, Joshua R., PHILIPOSE, Matthai, ROY, Sumit, SUNDARA-RAJAN, Kishore, MAMISHEV, Alexander V., Energy scavenging for inductively coupled passive RFID systems, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol.56, no.1, s.118-125, 2007.
- [21] Ryosuke, H., An Analysis for Specifications of Medical Use RFID System as a Wireless Communication, 29th Annual International Conference of IEEE EMBS, Lyon-France, 2007.

[22] AERTS, Wim, DE MULDER, Elke, PRENEEL, Bart, VANDENBOSCH, Guy A. E., VERBAUWHEDE, Ingrid, dependence of RFID reader antenna design on read out distance, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.56, no.12, s.3829-3837, 2008.

[23] SHEPARD, Steven, Radio Frequency Identification, McGraw-Hill, 2005.

[24] Sverre, H., Ole B., H., Svein, R., Rune, H., Indoors Data Communications Using Airborne Ultrasound, 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, Signal Processing, Philadelphia-USA, s.1-4, 2005.

[25] Sverre, H., Airborne ultrasound data communications: The core of an indoor positioning system, 2005 IEEE International Ultrasonics Symposium, Rotterdam-Netherlands, 2005.

[26] REUBEN, Jong, Underwater wireless communications applications, Curtin University of Technology, Bentley, WA, 93p, 2004.

[27] Kısa Mesafe Erişimli Telsiz (KET) Yönetmeliği, Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete, sayı:26464, 2007.

[28] UDEA, ARX-34 UHF ASK data receiver, Ürün kılavuzu, Versiyon 1.2, <http://www.udea.com.tr/1/ARX-34%20KILAVUZ.pdf>, 2004.

[29] UDEA, ATX-34S UHF ASK data transmitter, Ürün kılavuzu, Versiyon 2.0, <http://www.udea.com.tr/1/ATX-34S%20KILAVUZ.pdf>, 2006.

[30] ALTINBAŞAK, Orhan, PicBasic Pro ile PIC Programlarama, Altaş, 2004.

[31] UDEA, UTR-C10U UHF DATA TRANSCEIVER, Ürün kılavuzu, Versiyon 1.6, <http://www.udea.com.tr/1/UTR-C10%20U%20KILAVUZ.pdf>, 2006.

[32] Carrara, N., An Internet resource for the calculation of the dielectric properties of body tissues in the frequency range 10 Hz – 100 GHz, ITALIAN NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Institute for Applied Physics, <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>, 2009.

Ek 1. Okuyucu sistemin mikroşlemci kodu

```
.....
'PROGRAMIN ADI: OKUYUCU.BAS
'PROGRAMIN İŞLEVİ: ORTAMDA BULUNAN RF VERİCİLERİ TESPİT EDEREK,
'                   ORTAMDA BULUNAN TOPLAM RF VERİCİ SAYISINI LCD
'                   EKRANDA GÖSTERMEK
'TARİH: 5 / 4 / 2009
'YAZAR: BATUHAN YARIKKAŞ
.....

BASLA:
BULUNAN VAR BYTE[10]
KONTROL VAR BYTE
KONTROL=0
TOPLAM VAR BYTE
TOPLAM=0

I VAR BYTE
J VAR BYTE
V VAR BYTE
K VAR BYTE

HIGH PORTB.5 'SİSTEM ON/OFF LEDİNİ YAK (YEŞİL)

PAUSE 500

LCDOUT $FE, 1, "BATUHAN YARIKKAS"
PAUSE 2500
LCDOUT $FE, 1, "  SİSTEM HAZIR"
LCDOUT $FE, $C0, "  BUTONA BAS"

BUTON:
  IF PORTB.0=0 THEN 'ARAMA BAŞLATMA BUTONU DURUMUNU KONTROL ET
    GOTO ARAMA
  ENDIF
GOTO BUTON

ARAMA:
  J=0
  V=0
  K=0
  TOPLAM=0
  LCDOUT $FE, 1, "  ARANIYOR"
  FOR I=1 TO 10
    HIGH PORTB.4 'ARAMA LEDİNİ YAK (SARI)
    HIGH PORTB.6 'VERİCİ Vcc AÇ
    PAUSE 500
    SEROUT2   PORTB.7,396,[REP$AA\5,REP$00\5,REP$FF\5]   'UYANDIRMA
SİNYALİ
    SEROUT2 PORTB.7,396,["V","E","R","I","C","I",DEC I] 'VERİCİ ÇIKIŞ
    SEROUT2 PORTB.7,396,["V","E","R","I","C","I",DEC I] 'VERİCİ ÇIKIŞ
    SEROUT2 PORTB.7,396,["V","E","R","I","C","I",DEC I] 'VERİCİ ÇIKIŞ
    SEROUT2 PORTB.7,396,["V","E","R","I","C","I",DEC I] 'VERİCİ ÇIKIŞ
    SEROUT2 PORTB.7,396,["V","E","R","I","C","I",DEC I] 'VERİCİ ÇIKIŞ
    LOW PORTB.4 'ARAMA LEDİNİ SÖNDÜR (SARI)
    LOW PORTB.6 'VERİCİ Vcc KAPAT
    GOSUB VERIAL
  NEXT I
  GOTO EKCRAN
```

```

VERIAL:
  V=V+1
  SERIN2 PORTB.2,396,[WAIT("SISTEM"),DEC KONTROL] 'ALICI GİRİŞ
  IF KONTROL=V THEN 'VERİCİ NUMARASI KONTROL
    GOSUB RESET
    TOPLAM=TOPLAM+1
    BULUNAN[J].=V
    J=J+1
    K=K+1
  ENDIF
  GOSUB RESET
RETURN

RESET:
  HIGH PORTB.1 'DUMMY RESET
  PAUSE 100
  LOW PORTB.1
  RETURN

EKKRAN:
  LCDOUT $FE,1
  LCDOUT "TESPİT EDİLEN"
  LCDOUT $FE, $C0, #TOPLAM, " ADET"
  PAUSE 5000
  IF K<>0 THEN
    FOR I=0 TO K-1
      LCDOUT $FE, 1,"TESPİT EDİLENLER"
      LCDOUT $FE, $C0, "VERİCİ ", #BULUNAN[I]
      PAUSE 1000
    NEXT I
  ENDIF
  GOTO ARAMA

```


Ek 2. Okuyucu sistemdeki boş veri gönderen mikroişlemci kodu

```
.....  
'PROGRAMIN ADI: DUMMY.BAS  
'PROGRAMIN İŞLEVİ: RF VERİCİLERDEN SİNYAL ALINAMADIĞINDA, ARAMA  
'                   SİSTEMİNE BOŞ KOD GÖNDEREREK, ARAMANIN DEVAM  
'                   ETMESİNİ SAĞLAMAK  
'TARİH: 5 / 4 / 2009  
'YAZAR: BATUHAN YARIKKAŞ  
.....  
BEKLE:  
  
PORTA=0  
PORTB=0  
  
HIGH PORTA.3 'ON/OFF LEDİ (YEŞİL)  
  
ALICI VAR WORD  
ALICI=0  
VERICI VAR WORD  
VERICI=0  
  
SERIN2 PORTB.3,396,[WAIT("VERICI")]  
HIGH PORTA.2 'SERİ İLETİŞİM LEDİ AÇ (KIRMIZI)  
PAUSE 500  
SEROUT2 PORTB.7,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI]  
SEROUT2 PORTB.7,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI]  
SEROUT2 PORTB.7,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI]  
SEROUT2 PORTB.7,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI]  
SEROUT2 PORTB.7,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI]  
LOW PORTB.2 'SERİ İLETİŞİM LEDİ KAPAT (KIRMIZI)  
GOTO BEKLE
```

Ek 3. 433,92 MHz frekanslı etiket sistemlerinin mikroişlemci kodu

```
.....
'PROGRAMIN ADI: VERICI1.BAS
'PROGRAMIN İŞLEVİ: ARAMA SİSTEMİNDEN GELEN RF SİNYALLERİ KONTROL EDEREK'
'          ARAMA SİSTEMİNE KENDİ KODUNU GÖNDERMEK
'TARİH: 5 / 4 / 2009
'YAZAR: BATUHAN YARIKKAŞ
.....

PORTA=0
PORTB=0

HIGH PORTB.6 'SİSTEM ON/OFF LEDİNİ YAK (YEŞİL)

ALICI VAR WORD
ALICI=0
VERICI1 VAR WORD
VERICI1=1

BASLA:
    SERIN2 PORTB.3,396,[WAIT("VERICI"),DEC ALICI] 'ALICI GİRİŞ
    IF ALICI=1 THEN
        GOSUB VERIGONDER
    ENDIF
    GOTO BASLA

VERIGONDER:
    HIGH PORTB.1 'VERİCİ Vcc
    PAUSE 100

    SEROUT2 PORTB.0,396,[REP$AA\5,REP$00\5,REP$FF\5] 'UYANDIRMA SİNYALİ

    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]
    SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]

    LOW PORTB.1 'VERİCİ Vcc
    HIGH PORTB.7 'VERİCİ ON/OFF LEDİNİ YAK
    PAUSE 100
    LOW PORTB.7 'VERİCİ ON/OFF LEDİNİ SÖNDÜR
```

Ek 4. 868 MHz frekanslı etiketin mikroişlemci kodu

```
.....  
'PROGRAMIN ADI: 868MHz.BAS  
'PROGRAMIN İŞLEVİ: KARŞILAŞTIRMA AMAÇLI 868 MHz FREKANSINDA  
' RF SİNYAL GÖNDERMEK  
'TARİH: 5 / 4 / 2009  
'YAZAR: BATUHAN YARIKKAŞ  
.....  
PORTA=0  
PORTB=0  
  
HIGH PORTB.6 'SİSTEM ON/OFF LEDİNİ YAK (YEŞİL)  
HIGH PORTB.1  
  
VERICI1 VAR WORD  
VERICI1=1  
  
PAUSE 1000  
  
VERIGONDER:  
HIGH PORTB.7  
SEROUT2 PORTB.0,396,["S","I","S","T","E","M",DEC VERICI1]  
LOW PORTB.7  
GOTO VERIGONDER
```

