

Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS)

Salih Bal

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2012

Ultrasonic Positioning Featured Range Measurement System

Salih Bal

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Electrical – Electronics Engineering

June 2012

Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS)

Salih Bal

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Telekomünikasyon ve Sinyal İşleme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAZICI

Haziran 2012

ONAY

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Salih Bal'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAZICI

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAZICI

Üye : Prof Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĐLU

Üye : Prof. Dr.Osman PARLAKTUNA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muammer AKÇAY

Üye : Yrd. Doç Dr. Metin ÖZKAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Dış ortamlarda konumlandırma için GPS, GLONASS gibi sistemler bulunmakla beraber bu sistemler fabrika, hastane gibi iç ortamlarda çalışmamaktadır. Konum bulma iç ortamlarda, robotik uygulamaları, sağlık sektöründe personel ve araç takibi, otomasyon sistemleri gibi farklı uygulama için önemli bir ihtiyaçtır. Bu alanda birçok sistem geliştirilmiş olmasına rağmen hassasiyet ve kullanılan yöntemler açısından fikir birliğine varılmış bir sistem yoktur.

Bu tezde iç ortamlar için Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) geliştirilmiştir. SKYMOS; Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan (SKY) modülü, Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer (KOSMO) modülleri ve bu modülleri yöneten Kontrol ve Haberleşme Kartı (KHK)'dan oluşmaktadır. SKY modülleri bilinen sabit koordinatlarda kimlik bilgisi yayınlama özelliğine sahiptir. SKY modüllerinin kimlik bilgisi yayını yapması için Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK)'nın bir çeşidi olan açma-kapama anahtarlama yöntemi kullanılmaktadır. Gezici birim üstündeki KOSMO modülleri, SKY modülünün kimlik yayını okuyabilme ve mesafe ölçme özelliğine sahiptir. KHK ise KOSMO'lar tarafından okunan mesafe ve kimlik bilgilerini değerlendirerek üçgenleme yöntemi ile konum hesabını gerçeklemektedir. Konum bilgisi geliştirilen arayüz ile kullanıcı bilgisayarına aktarılabilir.

Anahtar Kelimler: Sesüstü konumlandırma, Üçgenleme yöntemi, sesüstü veri iletimi

SUMMARY

Although Global Navigation Satellite Systems such as GPS, GLONASS are used for outdoor environment, they do not work in indoor environment. Positioning systems that are developed for indoor environment are used in many application areas such as robotic applications, personal and equipment tracking in medical areas and automation systems. Despite the fact that many systems have been developed in this area, there is no consensus on any system in terms of accuracy and method.

In this thesis, an ultrasonic positioning featured range measurement system is developed for indoor environment. The system is composed of Ultrasonic Identification Sender Module (SKY), Identification Reading Featured Range Measurement (KOSMO) modules and Control and Communication Card (KHK) which manages KOSMO modules. SKY module which has fixed coordinates sends its ID. It sends ID via on-off keying that is a kind of Amplitude Shift Keying (ASK). KOSMO modules are on the mobile unit and have the capability of both reading SKY broadcast and measuring the range of nearest obstacle. KHK achieves ultrasonic positioning by applying triangulation method which uses the data of the distance and identification that are implemented by KOSMO modules. The positioning data are transferred to user's computer with the help of developed user interface program.

Keywords: Ultrasonic positioning, Triangulation method, ultrasonic identification

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Yazıcı'ya, fikirleri ve emekleri ile bana destek olan Hikmet Yücel, Uğur Yayan ve Bora Akar'a, manevi destekleri için annem Mediha Bal, babam İzzet Bal ve ablam Burcu Bal'a teşekkür ederim.

Bu tez Sanayi Bakanlığı'nın 00667.STZ.2010-2 nolu "Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS)" SAN-TEZ projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET	v
SUMMARY.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SESÜSTÜ SİNYALLERİN ÖZELLİKLERİ VE KİMLİK İLETİMİ.....	4
2.1. Sesüstü Sinyallerin Özellikleri.....	4
2.1.1. Yansıma	4
2.1.2. Sönümlenme	10
2.1.3. Doppler Etkisi	12
2.1.4. Gürültü.....	18
2.1.5. Sesüstü veri iletimi ile ilgili değerlendirme	22
2.2. Sesüstü Kimlik İletimi	23
2.2.1. Veri iletim teknikleri	23
2.2.2. Sesüstü veri iletimi	26
2.2.3. Veri iletim yöntemlerinin değerlendirilmesi	33
3. SESÜSTÜ KONUMLANDIRMA YAPABİLEN MESAFE ÖLÇÜM SİSTEMİ.....	36
3.1. Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) Bileşenleri.....	37
3.1.1. Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan (SKY) modül.....	38
3.1.2. Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer (KOSMO) modül.....	42
3.1.3. Kontrol ve Haberleşme Kartı (KHK).....	51
3.2. Konum Hesaplanması.....	57

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3. Yön Bulma	60
3.4. Kullanıcı Arayüzü.....	63
4. SİSTEM TESTLERİ.....	66
4.1. Mesafe Ölçüm Testleri.....	67
4.2. Konum Hesaplama Testleri.....	72
4.3.Yön Bulma Testleri.....	77
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	78
6. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	79
Ek -A	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Üretilen Eşleme Sinyalindeki ve Veri Bitindeki Lojik "1" Değerinin Süresi.....	5
Şekil 2.2 Gönderilen Veri.....	6
Şekil 2.3 Alıcı ve Verici Yerden 108cm Yukarıdayken Alıcı Tarafından Alınan Veri	7
Şekil 2.4 Yansıma Sonucu Elde Edilen Veri	7
Şekil 2.5 Eşleme Sinyalde ve Veride Bulunan Lojik "1" Değerlerinin Süresi.....	8
Şekil 2.6 Deney Ortamı.....	9
Şekil 2.7 Sinüs Sinyallerinin Zaman Bilgileri: a. İlk Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi, b. İkinci Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi	15
Şekil 2.8 Sinüs Sinyallerinin Zaman Bilgileri: a. İlk Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi, b. İkinci Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi	16
Şekil 2.9 Sistemdeki Gürültü Oranı	20
Şekil 2.10 İkinci Verici Devresinden Gönderilen Veri.....	21
Şekil 2.11 Sisteme Konulan İkinci Verici Devresi Sonucunda Sesüstü Gürültü.....	21
Şekil 2.12 ASK Modülasyonu	24
Şekil 2.13 FSK Yöntemi Dalga Formu	24
Şekil 2.14 Lojik "1" Değerinden Lojik "0" Değerine Voltaj Referansı 2.5 V Olduğunda Geçiş Süresi	28
Şekil 2.15 Lojik "0" Değerinden Lojik "1" Değerine Voltaj Seviyesi 2.5 V Olduğunda Geçiş Süresi	29
Şekil 2.16 39 kHzden 41 kHz'e Geçişte Alıcının Verdiği Cevap.....	32
Şekil 2.17 41 kHzden 39 kHz'e Geçişte Alıcının Verdiği Cevap.....	33
Şekil 3.1 Sistemin Genel Yapısı	37
Şekil 3.2 SKY-1 Modülü: a.SMD Prototipi, b. Blok Şeması.....	38
Şekil 3.3 SKY-1 Modülü Fonksiyonel Yapısı	39
Şekil 3.4 Bitlerin Gönderilmesi	39
Şekil 3.5 SKY-1 Modülü Akış Diyagramı.....	40
Şekil 3.6 SKY-2 Modülü: a.Kutu Tasarımı, b. Blok Şeması	41
Şekil 3.7 SKY-2 Modülü Fonksiyonel Yapısı	41
Şekil 3.8 SKY-2 Modülü Akış Diyagramı.....	42
Şekil 3.9 KOSMO Modülü Blok Şeması.....	43
Şekil 3.10 KOSMO Modülü Fonksiyonel Yapısı	43
Şekil 3.11 KOSMO Modülü Kimlik Okuma Akış Diyagramı	45
Şekil 3.12 KOSMO Modülünün Kimlik Bilgisini Okuduğu Bölge.....	46
Şekil 3.13 KOSMO Modülü Mesafe Ölçme Akış Diyagramı.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.14 Smd Kılıf Prototip İçin Çıkarılan Kalibrasyon Doğrusu.....	49
Şekil 3.15 Test Alanı Benzetimi	50
Şekil 3.16 Smd Kılıf Prototip ile Ölçülen Mesafeye Göre Hata Dağılım Grafiği	50
Şekil 3.17 KHK: a.Dip prototipi, b. Blok Şeması	51
Şekil 3.18 Test Amaçlı Kullanılan Gezici Platform ve KOSMO Modüllerinin Yerleşimi	52
Şekil 3.19 KHK Modülü ile KOSMO Modülleri Bağlantı Yapısı	53
Şekil 3.20 KHK'da KOSMO Modüllerinin Mesafe Ölçmesi İçin Geliştirilen Algoritmanın Akış Diyagramı.....	54
Şekil 3.21 KHK'da KOSMO Modüllerinin Kimlik Okuması İçin Geliştirilen Algoritmanın Akış Diyagramı.....	56
Şekil 3.22 Konumlandırma Algoritmasının Akış Diyagramı.....	57
Şekil 3.23 Konumlandırma İçin Geliştirilen Algoritma	58
Şekil 3.24 Algoritmada Uygulanan Kosinüs Teoremi.....	59
Şekil 3.25 Yön Bulma Algoritması	61
Şekil 3.26 Gezici Platformun Yönünün Hesaplanması	62
Şekil 3.27 Yön Bulma Algoritması Akış Diyagramı.....	62
Şekil 3.28 C++ Programlama Dilinde Hazırlanan Arayüz	63
Şekil 3.29 KOSMO Modüllerinin Konumlarının Belirlenmesi	64
Şekil 3.30 C# Programlama Dilinde Hazırlanan Arayüz.....	65
Şekil 4.1 Test Ortamı Benzetimi.....	66
Şekil 4.2 Test Ortamı	67
Şekil 4.3 Gezici Platformun Yönünün 90° olması.....	68
Şekil 4.4 Gezici Platformun Yönünün 135° olması.....	69
Şekil 4.5 Gezici Platformun Yönünün 45° olması.....	70
Şekil 4.6 $x=757$, $y=5226$ Noktasında Elde Edilen Mesafe Ölçüm Hata Değerleri.....	72
Şekil 4.7 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı	73
Şekil 4.8 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı	75
Şekil 4.9 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Verici ve Alıcı Devresi Yerden 108 cm Yukarıdayken Alınan Sonuçlar	9
Çizelge 2.2 Verici ve Alıcı Devresi Yerden 4.5 cm Yukarıdayken Alınan Sonuçlar	10
Çizelge 2.3 40 kHzde Üretilen Sinüs Sinyali İçin Farklı Mesafelerde Alınan Voltaj Seviyeleri	11
Çizelge 2.4 Verici Devresinin Hızı ve Bit Genişlikleri	17
Çizelge 2.5 Verici Devresinin Hızı ve Bit Genişlikleri	18
Çizelge 2.6 Kimlik Okuma Başarı Oranı.....	22
Çizelge 2.7 Üretilen Farklı Frekansların Farklı Uzaklıklardaki Voltaj Aralıkları.....	31
Çizelge 3.1 KOSMO Modülünün Kimlik Bilgilerini Okumasındaki Başarı Oranı	47
Çizelge 3.2 KOSMO Modüllerinin Yönleri.....	60
Çizelge 3.3 KOSMO Modüllerinin Gezici Platform Üzerindeki Konumları	64
Çizelge 4.1 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri.....	68
Çizelge 4.2 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri.....	70
Çizelge 4.3 Gezici Platformun Yönü 45° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri.....	71
Çizelge 4.4 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Değerleri	73
Çizelge 4.5 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Karekök Hata Değerleri.....	74
Çizelge 4.6 Gezici Platformun Yönü 45° Olduğunda Karekök Hata Değerleri	76
Çizelge 4.7 Gezici Platform 1. SKY-2 Modülünün Önünde Olduğunda Elde Edilen Yön Değerleri	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
ASK	Genlik Kaydırmalı Anahtarlama
FSK	Frekans Kaydırmalı Anahtarlama
GLONASS	Küresel Konumlandırma Uydu Sistemi
GPS	Küresel Konumlandırma sistemi
KHK	Kontrol ve Haberleşme Kartı
KOSMO	Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer
SESKON	Sesüstü tabanlı Konumlandırma sistemi
SKY	Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan
TOF	Uçuş süresi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İç ortamlarda konumlandırma, insansız gezgin robotlar (Wu and Tsai, 2001), (Kim, et al., 2006), sağlık sektöründe mobil cihaz ve personel takibi (Sonitor, 2011) ve robotik laboratuvarları (Yazıcı, et al., 2011), (Parlaktuna, et al.,) gibi sayısız uygulama alanına sahiptir. Konumlandırma için dış ortamda yaygın olarak kullanılan GPS, GLONASS gibi sistemler bulunmakla beraber bu sistemler iç ortamlarda çalışmamaktadır.

Literatüre bakıldığında iç ortamlarda konumlandırma sistemleri için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu sistemlerin bazılarında sinyallerin uçuş süreleri kullanılmaktadır (Yazıcı, et al., 2011), (Yayan, 2012), (Özkır, 2010). SESKON sisteminde (Yazıcı, et al., 2011) sadece sesüstü sinyaller kullanılarak 20 m²'lik alanda cm hassasiyetle konumlandırma yapılmaktadır. Bu sistemde üç verici ve bir alıcı bulunmaktadır. Alıcı, vericilerden gelen sinyallerin varış zaman farklarını kullanarak gezici birimin konumunu hesaplamaktadır. Geliştirilen diğer bir sistem olan İÇKON'da (Yayan, 2012) ise SESKON sistemi çok hücreli yapıda bina içini kapsayacak şekilde genelleştirilmiştir. Bu çalışmada da cm hassasiyetle konum hesaplanmaktadır. Diğer bir sistemde (Özkır, 2010) sesüstü sinyaller ve kızılötesi sinyaller beraber kullanılmaktadır. Bu sistemde sesüstü sinyallerin uçuş sürelerinden yararlanılarak üçgenleme yöntemi ile konum hesabı gerçekleştirilmektedir. Kızılötesi sinyal sesüstü sinyallerin başlangıç zamanlarının belirlenmesi için kullanılmaktadır.

Alınan sinyal gücünü kullanarak konum hesaplayan sistemler geliştirilmiştir (Bahl and Padmanabhan, 2000), (Ekahau, 2009), (Keskin, 2010). Geliştirilen Microsoft RADAR (Bahl and Padmanabhan, 2000) sisteminde kablosuz yerel alan ağı (WLAN)'daki alınan sinyalin gücünün ölçülmesi ile 3-30 metre hassasiyetle konum

hesaplanmaktadır. Diğer bir ürün ise Ekahu (Ekahau, 2009) firması tarafından geliştirilmiştir. Bu üründe mevcut kablosuz ağ yapısı ve bir sunucu ile binlerce etiket için metre bazında gerçek zamanlı konumlandırma sağlanmaktadır. Sistem kurulumu sırasında Wi-Fi vericilerinin yayınlarının hangi noktaya ne şiddetle ulaştığı ölçülerek veri tabanı oluşturulmakta ve bu veritabanı sayesinde konum hesaplanmaktadır. Yapılan diğer çalışmada (Keskin, 2010) kablosuz yerel alan ağ kapsama alanında bulunan mobil cihazın konumu alınan sinyalin gücü ve daire kesişimi yöntemi ile bulunmaktadır.

Sinyallerin varış açısı özelliği de (Peng and Sichitiu, 2006), (Niculescu and Nath, 2003) konum hesaplanması için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu alanda yapılan bir çalışmada (Peng and Sichitiu, 2006) varış açısını hesaplayamayan verici düğümleri ve gelen sinyallerin açılarını bulabilen bilinmeyen noktalarda düğümler bulunmaktadır. Bu sistemde komşu düğümlerin açı ölçümlerinden yararlanılarak konum hesabı gerçekleştirilmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada ise (Niculescu and Nath, 2003) her bir ad-hoc ağındaki düğümlerin varış açılarının kapasitesi kullanılarak konum hesaplanmaktadır.

İç ortamlarda için konumlandırmalarda kimlik tanımlama tabanlı sistemlerde (Lim, et al., 2010), (Sonitor, 2011) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür konumlandırmalarda verici sensörler kendi kimlik bilgilerini göndermekte ve alıcı sensörler bu kimlik bilgilerini kullanarak konumlandırma gerçekleştirmektedir. Kimlik tanıma ile konum hesabının gerçekleştirildiği sistemlerde radyo frekansı (RF) ve sesüstü sinyaller kullanılmaktadır. Radyo frekansı tabanlı kimlik tanımlama (RFID), RF sinyalleri kullanılarak etiketlerin gönderdikleri bilgilerin okuyucular tarafından alındığı ve saklandığı bir tanımlama yöntemidir. Bu alanda yapılan bir çalışmada (Lim, et al., 2010) mobil robotun ana gövdesinin altına yerleştirilmiş RFID okuyucuları, zemine yerleştirilmiş her bir etiketin kimliklerini okuyabilmektedir. Bu bilgiyi kullanarak robot konum hesaplamaktadır. Sesüstü kimlik tanımlama (USID) yöntemi ile nesnelere yerli oda seviyesinde belirlenebilmektedir. Sonitor firmasının geliştirdiği sistemde (Sonitor, 2011) verici etiket sesüstü yoluyla kimlik bilgisini yaymakta ve ortama yerleştirilen

alıcılardan bu bilgiyi alan ağ üzerinden merkeze göndermektedir. Sağlık alanında uygulaması olan bu sistemin oda seviyesinde konumlandırma hassasiyetine sahiptir.

Bu çalışmada Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) gerçekleştirilmiştir. Birçok sistemde bulunan mesafe ölçme sensörlerine kimlik okuma özelliği eklenmiştir. Kimlik ve mesafe bilgilerinden yararlanılarak üçgenleme yöntemi ile cm hassasiyette konum hesaplanmaktadır. Takip eden bölümde sesüstü sinyallerin özellikleri ve veri iletiminde kullanımı verilmektedir. Bölüm 3’de geliştirilen SKYMOS detaylı olarak verilmektedir. Bölüm 4’de bu sistem ile yapılan testlere yer verilmektedir. Son bölümde ise tezin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

BÖLÜM 2

SESÜSTÜ SİNYALLERİN ÖZELLİKLERİ VE KİMLİK İLETİMİ

Sesüstü sinyallerin farklı özellikleri, kullanım alanı ve uygulama ortamına göre sistem performansını etkileyebilmektedir. Bu bölümde öncelikle sesüstü sinyallerin yansıma, sönümlenme, gürültü, hareket kaynaklı doppler etkisi, değişik ortamlardaki uçuş hızı v.b. özellikleri verilmektedir. Sonrasında ise sesüstü veri iletimi detaylandırılmaktadır.

2.1. Sesüstü Sinyallerin Özellikleri

Sesüstü sinyaller, araç ve personel takip sistemleri, sağlık sektörü ve su altı haberleşme gibi alanlarda kullanılmaktadır. Sesüstü sinyaller sağlık açısından zararsız olması ve duvarlardan geçememesi bu sinyallerin iç ortamlarda yapılan konumlandırmada kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Fakat sesüstü sinyallerin iç ortamlarda daha fazla yansıması sistem performansını etkileyebilmektedir.

2.1.1. Yansıma

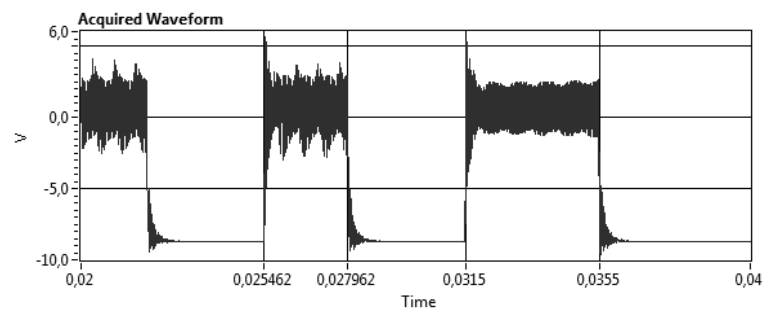
Yansıma ses sinyallerinin bir yüzeye çarpıp yön değiştirmesine denir. Robotlar duvara ya da herhangi bir cisme olan uzaklığını ses dalgalarının yansıması sayesinde bulabilmektedir (Dijk, 2004). Ancak bu cisimden yansıyan ikinci ses dalgaları hataya sebep olmaktadır. Örnek olarak, boş odada çıkarılan ses şiddetlenmiş olarak duyulurken aynı ses, odaya eşya yerleştirildiğinde aynı şiddetle duyulmamaktadır. Bu durumun sebebi; boş odada ses dalgalarının duvarlara çarparak tekrar bulunduğu ortama geri dönmesi, odaya eşya yerleştirildiğinde ise görüş alanı dışı (Non Line Of Sight, NLOS) yayılımından dolayı dalgaların eşyalara da çarpmasıyla tam anlamıyla

bulunduğu noktaya geri dönememesi olarak açıklanabilir. Sinyallerin bu şekilde birçok engele çarpması ile çok yollu yansımalar meydana gelmektedir. Sesüstü haberleşmenin kullanıldığı bir çalışmada (Ito, et al., 2008) alıcı, bir çubuğa yerleştirilmiş ve robota takılmıştır. Bu sayede alıcı yüzeyden 90 cm yukarıda bulunmaktadır ve yüzeyden yansıyan çok yollu sinyallerinin alınmasını engellemektedir.

Tez kapsamında yansımanın sistemin performansına olan olumsuz etkisi farklı testler yapılarak incelenmiştir. Yapılan bu testlerde yansımanın sesüstü veri iletiminde kullanılan bit genişliklerine ve dolayısıyla kimlik okumaya etkisi araştırılmıştır.

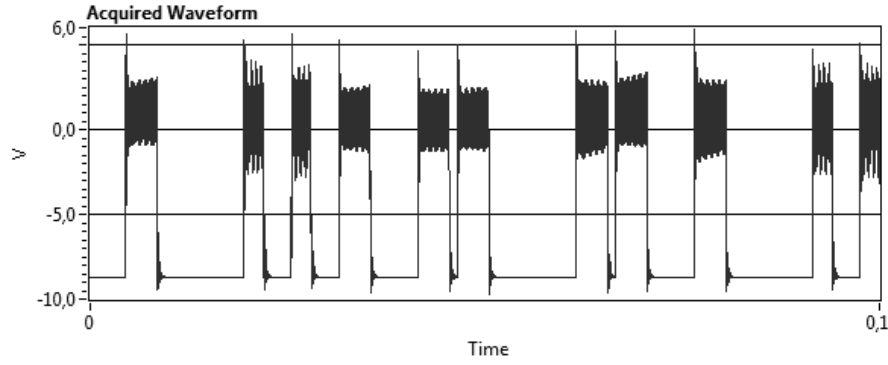
i. Yansımanın bit genişliğine etkisi: Yansımanın bit genişliğine etkisi incelenirken belli bir kimlik verisi üretilip gönderilmiş ve alıcının aldığı sinyal incelenmiştir. Üretilen sinyalin alınması ve bu sinyallerin incelenebilmesi için veri toplama kartı ve labVIEW programı kullanılmıştır.

Geliştirilen sistemde herhangi bir kimlik verisinden önce sabit olarak 2.5 ms lojik “1” değeri ve 3.5 ms lojik “0” değeri gönderilerek eşleme sinyali oluşturulmaktadır. Şekil 2.1’de üretilen eşleme sinyalindeki lojik “1” değerinin süresinin 2.5 ms ve verideki lojik “1” değerinin süresinin 4 ms olduğu görülmektedir. x eksenini zamanı y eksenini ise volt seviyesini göstermektedir. Zaman saniye, volt seviyesi ise volt birimi ile gösterilmiştir.



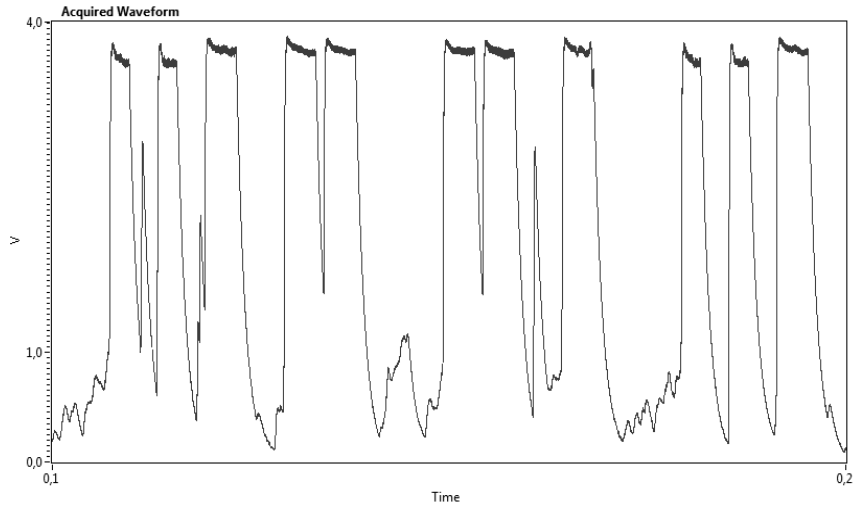
Şekil 2.1 Üretilen Eşleme Sinyalindeki ve Veri Bitindeki Lojik “1” Değerinin Süresi

Kimlik bilgisi olarak Verici devresinde mikrodenetleyici, ikilik düzende 1011001101 verisini (onluk düzende 717 verisi) göndermek üzere programlanmıştır. Bu verinin gönderilmesindeki amaç birçok bit bileşimini içermesidir. Bu veride iki defa arka arkaya gelen lojik “1” değerinden sonra lojik “0” değeri, iki defa üretilen lojik “0” değerinden sonra lojik “1” değeri ve bir defa üretilen lojik “0” ve lojik “1” değerlerinden sonra sırasıyla lojik “1” ve lojik “0” değerleri gelmektedir. Lojik “1” değeri için bit genişliği süresince 40 kHz sesüstü sinyal üretilmiştir. Veride gönderilen bitlerinin genişliği 4 ms’dir. Her bir bitten sonra 1 ms’lik bir bekleme oluşturulmuştur. Verinin sonunda ise 10 ms’lik susma zamanı vardır. Şekil 2.2’de ikilik düzende üretilen 1011001101 verisi gösterilmektedir.



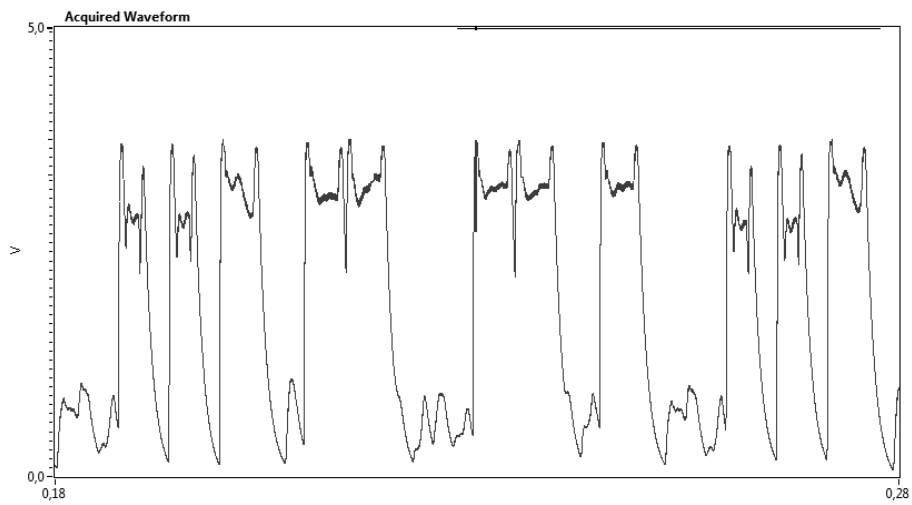
Şekil 2.2 Gönderilen Veri

Alıcı devresinde alınan sesüstü sinyalin zarfı elde edilmektedir. Şekil 2.3’de yansımanın olmadığı, alıcı ve verici devresinin 108 cm yukarı konulduklarında alınan veri gösterilmektedir. Bu testte yansımanın gönderilen verinin alınmasında ve verideki ve eşleme sinyalindeki bit sürelerinde herhangi bir değişiklik yapmadığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi kullanılan alıcının alış açısının dar olmasıdır. Böylelikle yansıyan sesüstü dalgalar alıcı tarafından alınmamaktadır.



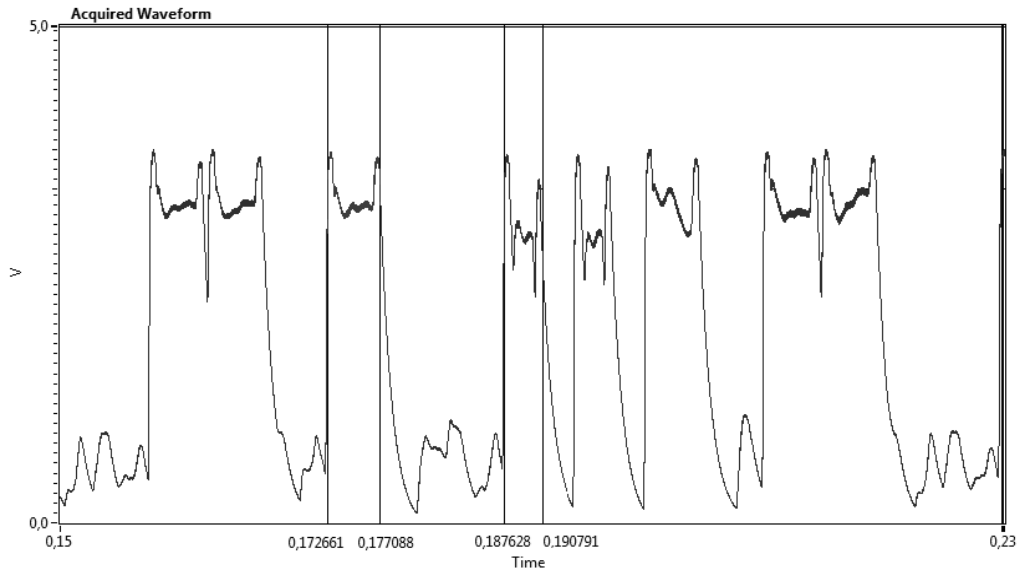
Şekil 2.3 Alıcı ve Verici Yerden 108cm Yukarıdayken Alıcı Tarafından Alınan Veri

Yapılan diğer bir testte ise alıcı ve verici devreleri yerden 108 cm yukarıda iken yansıma olacak şekilde yanlarına engel konulmuştur. Şekil 2.4’de yansımalar sonucunda elde edilen veride meydana gelen bozulmalar gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Yansıma Sonucu Elde Edilen Veri

Şekil 2.5’de verideki ve eşleme sinyalindeki lojik “1” değerleri incelendiğinde bu değerlerin sürelerinin meydana gelen yansımalar sonucunda arttığı görülmektedir. Eşleme sinyalinde bulunan lojik “1” değeri 3.163 ms ye, Veride bulunan lojik “1” değeri ise 4.427 ms ye çıkmıştır.



Şekil 2.5 Eşleme Sinyalde ve Veride Bulunan Lojik “1” Değerlerinin Süresi

Yapılan testlerde alıcının yansıyan sinyalleri alması sonucunda bitlerde bozulmalar meydana geldiği ve bit genişliklerinin arttığı sonucu çıkartılmıştır.

ii. Yansımanın kimlik bilgisi okumaya etkisi: Yapılan uygulamada dip anahtar ve Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) modülasyonu kullanılarak sekiz farklı 10 bitlik kimlik bilgisi iletimi sağlanmıştır. Kimlik bilgisi üretimi önceki alt kısımdaki gibi gerçekleşmiştir. Farklı olarak Alıcı devresinde bulunan mikrodenetleyici ile vericiden gelen kimlik bilgisinin okunması için yazılım geliştirilmiştir. Şekil 2.6’da test ortamı ve kullanılan prototipler devreler gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Deney Ortamı

Verici ve alıcı devreleri yerden 108 cm yukarıdayken farklı mesafelerde 3, 6 ve 7 kimlik bilgilerinin okunmasında %100 başarı sağlanmıştır (Bknz: Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Verici ve Alıcı Devresi Yerden 108 cm Yukarıdayken Alınan Sonuçlar

Alıcı-Verici Arası Mesafe	Kimlik Okumada Başarı Oranı		
	ID: 3	ID: 6	ID: 7
5cm	100%	100%	100%
50cm	100%	100%	100%
1m	100%	100%	100%
1.5m	100%	100%	100%
2m	100%	100%	100%
2.5m	100%	100%	100%
3m	100%	100%	100%

Verici ve alıcı devresi yerden 4.5 cm yukarıdayken aynı kimliklerin okunmasında bazı noktalar için %100 başarı oranının elde edilemediği Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2 Verici ve Alıcı Devresi Yerden 4.5 cm Yukarıdayken Alınan Sonuçlar

Alıcı-Verici Arası Mesafe	Kimlik Okumada Başarı Oranı		
	ID: 3	ID: 6	ID: 7
5cm	100%	100%	100%
50cm	100%	100%	100%
1m	100%	100%	100%
1.5m	100%	100%	99%
2m	97%	100%	100%
2.5m	100%	98%	100%
3m	100%	100%	100%

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi alıcı ve verici devreleri yere yakın olduğu zaman veri aktarımı çok yollu etkenlerden dolayı meydana gelen yansılardan etkilenebilmektedir ve yanlış kimlik bilgisi okunabilmektedir. Ancak bu etkinin en fazla %3 olduğu görülmektedir. İç ortamlarda sistem performansını etkileyen diğer bir faktör ise sönümlenmedir.

2.1.2. Sönümlenme

Sesüstü sinyallerin sönümlenmesi, sesüstü sinyallerin enerji kaybetmesi olarak tanımlanmaktadır (Buckin and O’Driscoll, 2002), (Davalis and Kalis, 2010). Ses dalgalarının uzaklık boyunca havada sönümlenmesini (Dijk, 2004) gittikçe büyüyen küresel yüzeyler üzerinde meydana gelen her yönlü akustik enerjilerin yayılmasından

kaynaklanan geometrik yayılma kayıpları ve havada enerjinin soğrulmasından kaynaklanan emilme kayıpları olarak temel iki nedene bağlamaktadır. Sönümlenme sesüstü veri iletiminin yapılacağı alanın sınırlarını belirleyici bir faktördür. Sinyallerin sönümlenmesinin az olduğu yerlerde veri iletimi için kullanılan alan büyüktür. Ancak sinyallerin sönümlenmesi yüksek ise veri iletimi yapılacak alan küçük olur.

Sönümlenmenin olumsuz etkisinin araştırılması için yapılan testlerde farklı mesafelerde (50 cm, 100 cm, 150 cm) National Instrument'in NI USB-6259 veri toplama kartı kullanılarak üretilen 40 kHz sinyalin alıcı tarafından elde edilen voltaj seviyeleri karşılaştırılmıştır. Yapılan testlerin sonucunda mesafe arttıkça alınan voltaj seviyesinin azaldığı ve 200 cm ve 300 cm için veri alınmadığı görülmektedir. Çizelge 2.3'de 40 kHz için üretilen sinüs sinyalinin mesafe arttıkça alınan voltaj seviyeleri gösterilmektedir. Bu değerler, +/- 5V arasında veri toplama kartı tarafından üretilen 40 kHz'deki sinüs sinyallerinin 200 cm'de enerjisinin tamamını kaybettiği göstermektedir. Bu da üretilen bu sesüstü dalgaların 2 metreye gelene kadar sönümlendiğini açıklamaktadır.

Çizelge 2.3 40 kHzde Üretilen Sinüs Sinyali İçin Farklı Mesafelerde Alınan Voltaj Seviyeleri

Mesafe (cm)	Alınan Voltaj Seviyesi (V)
50	+/- 0.53
100	+/- 0.3
150	+/- 0.2
200	0
250	0
300	0

Sönümlenme ve yansıma etkenleri dışında hareket kaynaklı doppler etkisi sistem performansını olumsuz etkilemektedir.

2.1.3. Doppler Etkisi

Doppler etkisi, alıcı ile verici arasındaki mesafenin zamana bağlı değişiminden kaynaklanmaktadır. Bu değişimden dolayı dinleyici tarafından alınan sinyallerde frekans farklı algılanmaktadır. Doppler etkisindeki algılanan frekans aşağıdaki formülle bulunabilir (Tavakoli, et al., 2008):

$$f' = \left(\frac{v}{v \pm v_s} \right) f \quad (2.1)$$

Bu formülde sinyal yayıcı tarafından yayılan frekans f , sesin ortamdaki hızı v , sinyal yayan nesnenin hızı v_s ve gözlemlenen frekans f' olarak tanımlanmaktadır. Eğer sinyal yayan nesne alıcıya doğru hareket ediyorsa bu nesnenin hızı ortamdaki ses hızından çıkarılması gerekmektedir. Bu kaynak alıcının tersine doğru hareket ediyorsa bu durumda ikisinin hızları toplanmalıdır.

Sıcaklık ile ses hızı:

$$c = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \quad (2.2)$$

formülüyle (Bohn, 1988) bulunmaktadır. t santigrad derece olarak sıcaklığı, c ise ses hızını göstermektedir.

Sesüstü sinyaller kullanılarak veri iletimi gerçekleştiren sistemlerde gezici birimin hızı doppler etkisine sebep olmaktadır. Doppler etkisi sonucunda veri iletiminde kullanılan bit genişlikleri ve algılanan frekans değişebilmekte ve bu nedenle yanlış sonuçlar alınabilmektedir. (Kalgaonkar, et al., 2007), (Holm, et al., 2005) ve (Holm, 2005) kaynaklarında kullanılan yöntemde, akustik ortamla ve onun getirdiği doppler kayması gibi özelliklerle başa çıkabilmek için dijital sinyal işleme kullanıldığından bahsedilmektedir.

Doppler etkisinin araştırılması için yapılan testlerde gözlemlenen frekanstaki değişimler ve bit genişliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

i. Gözlemlenen frekansta meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Doppler etkisi sonucunda gözlemlenen frekanstaki değişimlerin incelenmesi için yapılan uygulamalarda verici devresi, uzaktan kumandalı oyuncak arabaya monte edilmiş ve değişik hızlarda hareket ettirilmiştir. Sinyal gönderilirken taşıyıcı sinyalin frekansı 40 kHz'de tutulmuş, lojik "1" değerinin süresi 4 ms olarak ayarlanmış ve lojik "0" değeri için 0 voltta 4 ms bekleme yapılmıştır. Veri toplamak için ilk olarak National Instrument'in NI USB-6259 veri toplama kartı kullanılmıştır. Veri toplama kartı için en yüksek örnekleme oranı 1.25 MS/s'dir. Geliştirilen yazılımda örnekleme oranı 1000000 olarak ayarlanıp elde edilen grafiklerde iki sinüs sinyali arası örnekleme sayısına bakıldığında 24 ve 25 örnekleme sayıları elde edildiği görülmüştür. Bu da bu iki sinüs sinyallerinin arasını 24us ve 25us olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. Ancak teorik hesaplamalar göz önüne alındığında elde edilecek değerlerin 24.94, 25.05 v.b. gibi değerler olması gerektiği görülmüştür. Bu sonuç veri toplama kartının doppler etkisinin detaylı bir şekilde incelenmesi için kullanılamayacağını göstermektedir. Bu nedenle doppler etkisi sonucunda elde edilecek sinüs sinyallerinin incelenmesi osiloskop yardımıyla sağlanmıştır. Yapılan çalışmalarda öncelikle verici devresi alıcıya doğru hareket ettirilmiş ve sonrasında uzaklaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

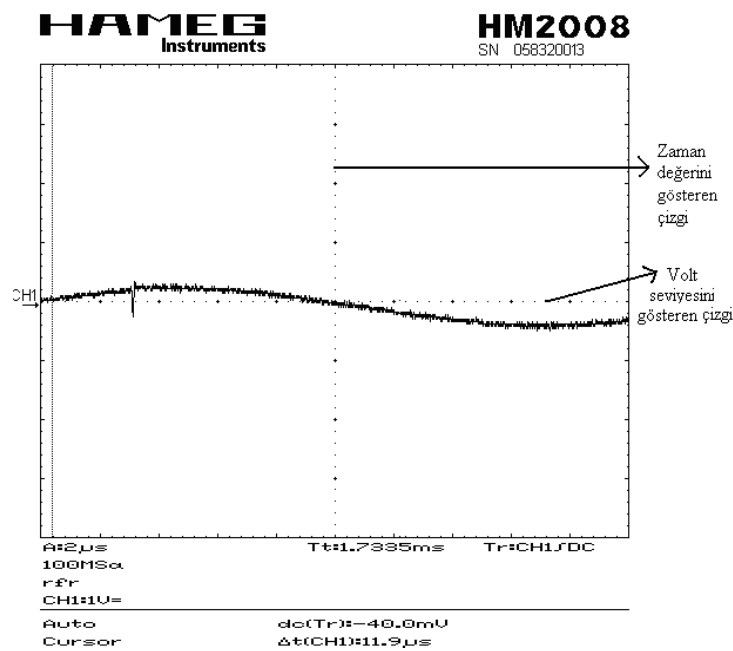
Osiloskop ile elde edilen sonuçlar: Doppler etkisinin araştırılması için 50 mm/s, 100 mm/s, 150 mm/s, 200 mm/s, 565 mm/s, 735 mm/s ve 794 mm/s hızları için verici alıcıya yaklaşırken ve uzaklaşırken testler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada alıcı tarafından algılanan ardı ardına gelen sinüs sinyallerinin zaman bilgileri kaydedilmiştir. Bu zaman değerleri birbirlerinden çıkartılarak gözlemlenen frekans hesaplanmıştır. Aşağıda 735 mm/s hızla verici alıcıya yaklaşırken ve uzaklaşırken elde edilen değerler verilmektedir.

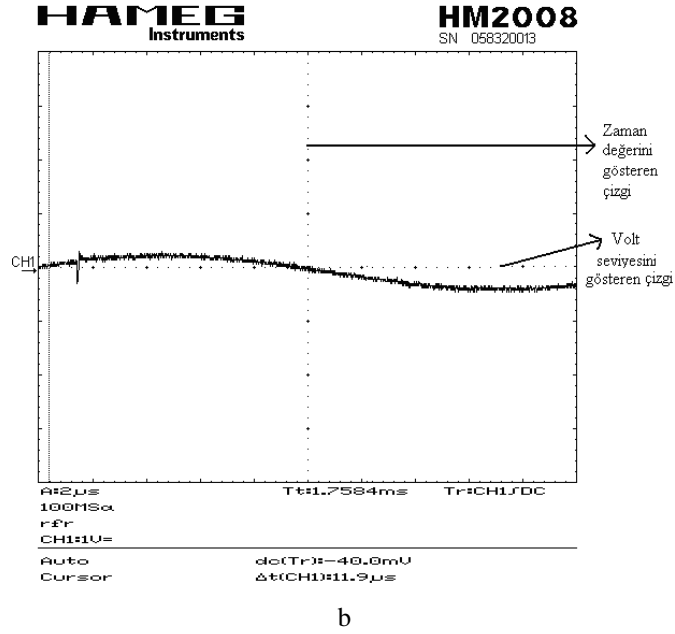
Hız 735 mm/s (verici alıcıya yaklaşırken): Verici alıcıya 735 mm/s hızla yaklaşırken gözlemlenen frekans teorik olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama için formül 2.1 kullanılmıştır. Testin yapıldığı ortamın sıcaklığı 25°C derecedir.

$$\text{Bu durumda ortamdaki ses hızı} = c = 331.45 \sqrt{1 + \frac{25}{273}} = 346.293 \text{ m/s}$$

$$\text{Gözlemlenen frekans} = f' = \frac{346293}{346293 - 735} \times 40 = 40.085 \text{ kHz}$$

Şekil 2.7'de yapılan test sonucunda osiloskop ile elde edilen ardı ardına gelen sinüs sinyallerinin zaman bilgileri a. İlk sinüs sinyali zaman bilgisi, b. İkinci sinüs sinyali zaman bilgisi verilmektedir. Osiloskopta, Şekil 2.7'de noktalı olarak volt ve zaman değerlerinin gösterildiği çizgilerin kesiştikleri noktada bu sinyallerin zaman değerleri ölçülmüştür. Bu bilgiler kullanılarak iki sinüs sinyali arasındaki zaman farkı $1.7584 - 1.7335 = 0,0249 \text{ ms} = 24.9 \text{ uS}$ olarak hesaplanmaktadır. Bu zaman farkı da 40.161 kHz frekansa denk gelmektedir.



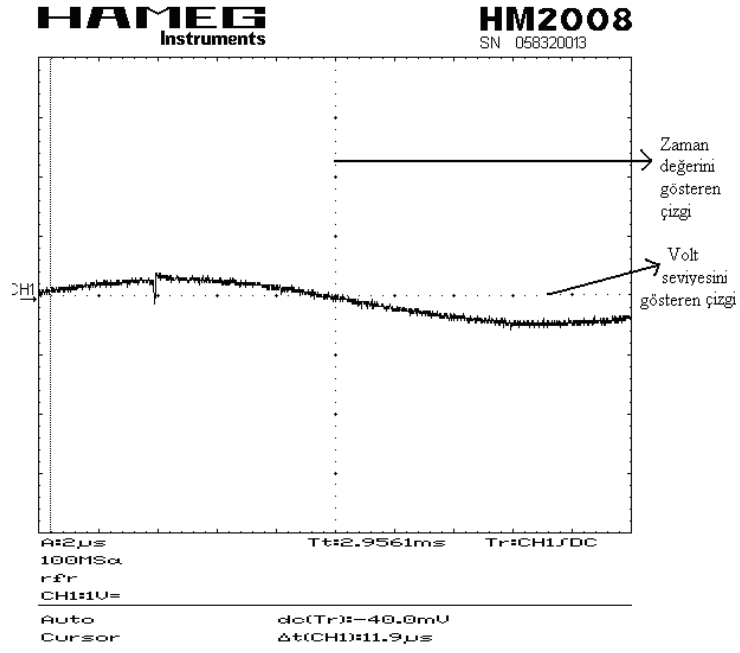


Şekil 2.7 Sinüs Sinyallerinin Zaman Bilgileri: a. İlk Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi, b. İkinci Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi

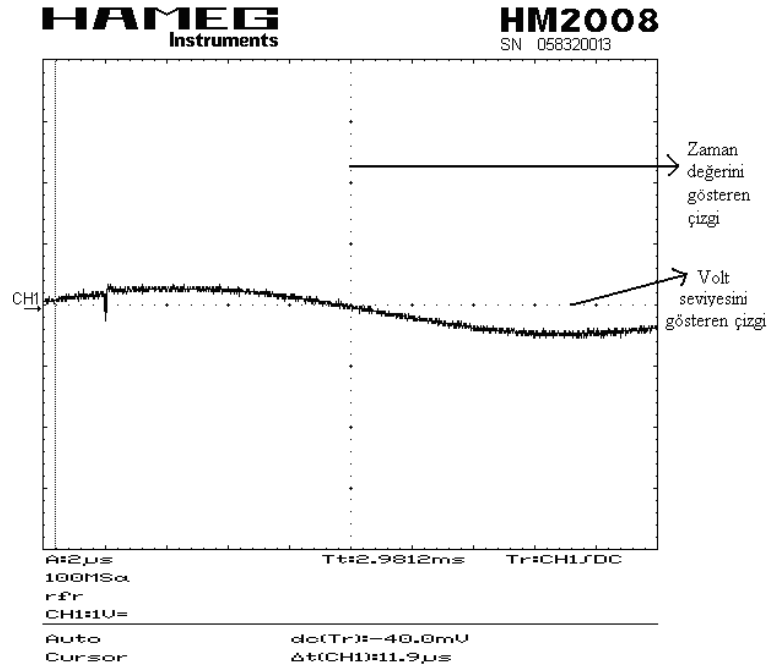
Hız 735 mm/s (verici alıcıdan uzaklaşırken): Verici alıcıdan 735 mm/s hızla uzaklaşırken gözlemlenen frekans teorik olarak hesaplanmıştır. Ses hızı bir önceki çalışma ile aynıdır.

$$\text{Gözlemlenen frekans} = f' = \frac{346293}{346293 + 735} \times 40 = 39.92 \text{ kHz}$$

Şekil 2.8’de yapılan test sonucunda osiloskop ile elde edilen sinüs sinyallerinin zaman bilgileri a. İlk sinüs sinyali zaman bilgisi, b. İkinci sinüs sinyali zaman bilgisi verilmektedir. Osiloskopta, Şekil 2.8’de noktalı olarak volt ve zaman değerlerinin gösterildiği çizgilerin kesiştikleri noktada bu sinyallerin zaman değerleri ölçülmüştür. Kaydedilen bu veriler ile iki sinüs sinyalinin arasındaki zaman farkı $2.9812 - 2.9561 = 0,0251 \text{ ms} = 25.1 \text{ uS}$ olmaktadır ve bu zaman değeri 39.841 kHz değerine denk gelmektedir.



a



b

Şekil 2.8 Sinüs Sinyallerinin Zaman Bilgileri: a. İlk Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi, b. İkinci Sinüs Sinyali Zaman Bilgisi

Diğer hızlar için yukarıda bahsedilen testler tekrarlanmıştır. Osiloskop kullanılarak gözlemlenen frekans için yapılan hesaplamalar, teorik hesaplama sonucunda hesaplanan gözlemlenen frekans değerleri ile benzerdir. Yapılan testler sonucunda yüksek hızlarda, gözlemlenen frekansın üretilen 40 kHz'lik frekanstan fazla bir değişikliğe uğramadığı görülmüştür.

ii. Bit genişliklerinde meydana gelen değişimler: Bu alanda test yapılmadan önce lojik "1" değerinin süresi 4 ms olduğunda doppler etkisinin bu sürede meydana getireceği değişimler teorik olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2.4'de verici devresi alıcı devresine belli hızlarla yaklaşırken verici devresinin hızı ve bit genişliklerinde teorik hesaplamalar sonucunda meydana gelen değişimler verilmektedir.

Çizelge 2.4 Verici Devresinin Hızı ve Bit Genişlikleri

Verici Devresinin Hızı (mm/s)	Bit Genişliği (ms)
50	3.998
100	3.998
150	3.996
200	3.998
565	3.993
735	3.990
794	3.990

Yukarıda açıklanan hesaplamalar verici devresi alıcı devresine belli hızlarla uzaklaşırken de tekrarlanmıştır. Çizelge 2.5'de verici devresinin hızı ve bit genişliklerinde teorik hesaplamalar sonucunda meydana gelen değişimler verilmektedir.

Çizelge 2.5 Verici Devresinin Hızı ve Bit Genişlikleri

Verici Devresinin Hızı (mm/s)	Bit Genişliği (ms)
50	4
100	4.001
150	4.001
200	4.002
565	4.006
735	4.008
794	4.009

Teorik hesaplamalarda görüldüğü gibi yüksek hızlarda bit genişliğinde en fazla %1 oranında değişim olmaktadır. Bu sebepten dolayı, bu değişimlerin osiloskop veya veri toplama kartı ile gözlemlenmesinin zor olmasından dolayı bu alanda test yapılmamıştır. Doppler etkisi gibi sistem performansını olumsuz etkileyen diğer bir faktör gürültüdür.

2.1.4. Gürültü

Sesüstü sinyallerin kullanımını etkileyen gürültü arka plan gürültüsü ve sesüstü gürültü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Arka plan gürültüsü sesüstü veri iletimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bir odadaki arka plan gürültüsü odada bulunan cihazların işlevlerinden kaynaklanmaktadır. Elektrik süpürgesi, bilgisayar ve monitörler duyulabilir frekanslarda ve daha yüksek frekanslarda arka plan gürültüsü oluştururlar (Dijk, 2004). Sesüstü veri iletiminde üretilmek istenen bitlerin frekansları insan kulağının duyabileceği düzeye geldiğinde arka plan gürültüleri iletim hızını etkilemektedir. Arka plan gürültüleri duyulabilir frekans aralığında olduğu gibi sesüstü frekans aralığında da mevcuttur.

Yapılan bir çalışmada (Borenstein and Koren, 1995) kullanılan sesüstü mesafe algılayıcıları robotların çarpışmalarını engellemesine rağmen çevredeki gürültü miktarını, bu algılayıcıların ve bu algılayıcılar dışında çevresel gürültülerin arttırdığı

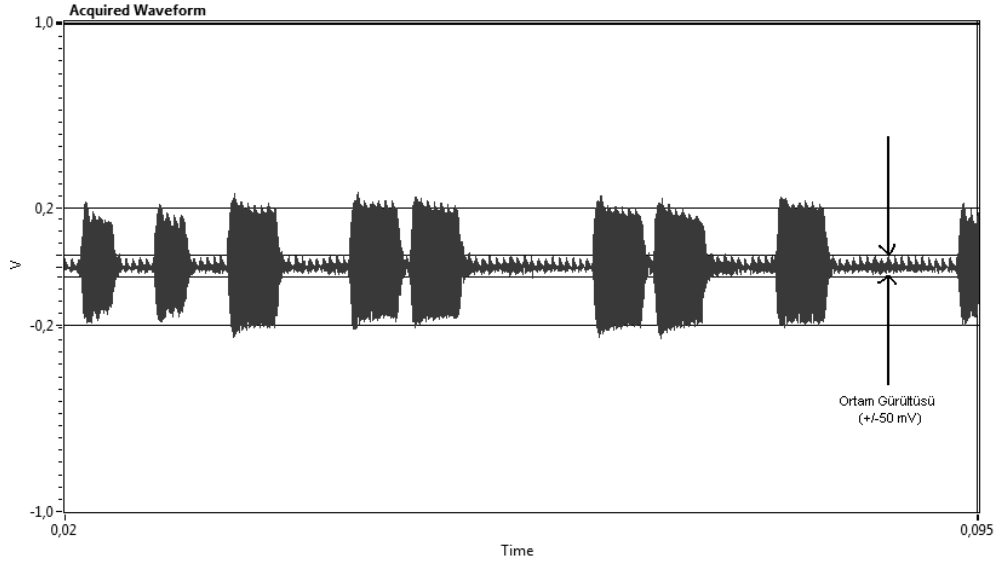
anlatılmaktadır. Ortamda birden fazla sinyal yayan algılayıcı varsa ve bu algılayıcıların sinyalleri gönderme zamanları birbirine yakınsa bu algılayıcıların sinyalleri birbirleri ile karışabilmektedir ve sesüstü gürültü oluşmaktadır. Gürültünün yukarıda anlatılan olumsuz etkileri dikkate alındığında herhangi bir haberleşme sistemi gürültüye karşı dayanıklı olması gerektiği görülmektedir (Holm, et al., 2005), (Holm, 2005). Gürültünün olumsuz etkilerinin araştırılması için yapılan testlerde ortamda bulunan gürültü ve sesüstü gürültü incelenmiştir.

i. Ortamdaki Gürültünün Etkisi:

Ortamdaki gürültü oranının ölçülmesi için yapılan testte yansımanın bit genişliğine etkisinin incelendiği çalışmada (Bknz: Bölüm 2.1.1) kullanılan verici devresindeki mikrodenetleyici için hazırlanan yazılım kullanılmıştır. Teste başlamadan önce sistemin gürültüye karşı direnç kazanabilmesi için alıcı devresi ile ilgili bazı önlemler dikkate alınmıştır. Bu önlemler:

1. Analog ve sayısal devreler birbirinden uzak tutulmuş ve bu devrelerin toprakları ve beslemeleri ayrı yerlere bağlanmıştır.
2. Protoboard üzerine uzun kabloların koyulması önlenmiştir.
3. Toprak bağlantılarının bir döngü içinde bulunması engellenmiştir.
4. Yapılan uygulamada veri toplama kartında bağlantı şekli farksal (differential) seçilmiştir. Böylece veri toplama kartında belirlenen her iki girişin arasındaki voltaj farkı elde edilerek gürültünün daha iyi incelenmesi sağlanmıştır.

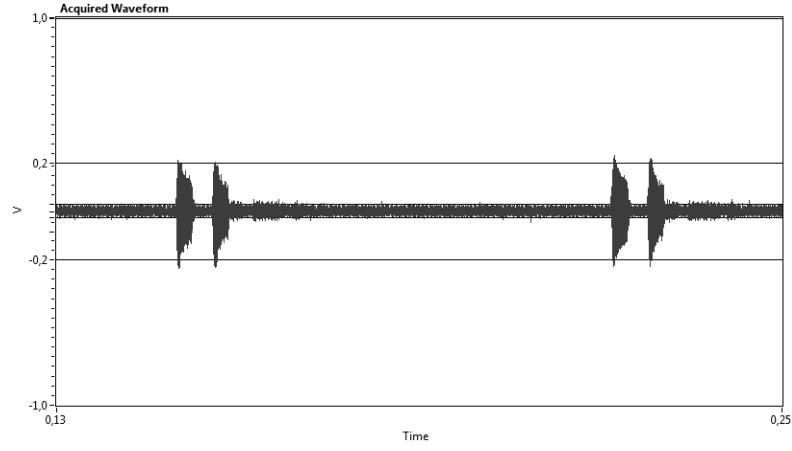
Yukarıda açıklanan aşamalardan sonra sisteme ortamda bulunan gürültünün etkisi ölçülmüştür. Şekil 2.9'da sistemdeki gürültü miktarının +/- 50 mV seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu da sistemdeki gürültü miktarının yapılacak çalışmaları engellemeyecek bir seviyede olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.9 Sisteme Ortamda Bulunan Gürültünün Etkisi

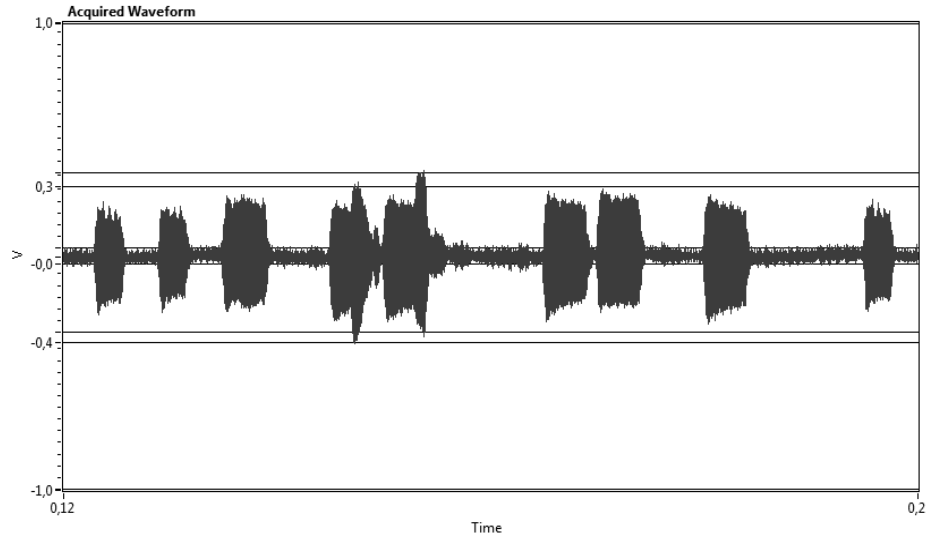
ii. Sesüstü Gürültünün Etkisi:

Yapılan diğer bir çalışmada ortamda bulunan verici devresi ile aynı donanıma sahip diğer bir verici devresi bulundurulmuştur. Bu devrede bulunan mikroişlemci ile 2.5 ms süresince lojik "1" değeri ve 3.5 ms süresince lojik "0" değeri iki defa üretilerek eşleme sinyali oluşturulmuştur. Taşıyıcı sinyalin frekansı 40 kHz olarak ayarlanmıştır. Eşleme sinyalinden sonra 60 ms süresince lojik "0" değeri gönderilmektedir. Bir önceki testte kullanılan alıcı devresi bu testte de kullanılmıştır. Bu sistem sayesinde sesüstü gürültününün nasıl bir etkisi olduğu araştırılmıştır. Şekil 2.10'da ikinci verici devresinden gönderilen veri gösterilmektedir.



Şekil 2.10 İkinci Verici Devresinden Gönderilen Veri

Şekil 2.11’de sisteme konulan ikinci verici devresi sonucunda oluşan sesüstü gürültü gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Sisteme Konulan İkinci Verici Devresi Sonucunda Sesüstü Gürültü

Şekil 2.11’de iki farklı veri aynı frekansta (40 kHz’de) üretilirken iki sinyalin birbirine karıştığı görülmektedir. Bunun sonucunda bit süreleri uzamaktadır. Sesüstü gürültü sonucunda veri iletimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Gürültünün olumsuz etkisinin incelenmesi için yapılan testlerde kullanılan alıcı devresinde bulunan mikrodenetleyicinin birinci verici devresinin gönderdiği veriyi okuması için yazılım geliştirilmiştir. Sistemde yukarıda yazılımları anlatılan iki verici devresi bulunurken birinci verici devresinin gönderdiği kimlik bilgisinin okunmasındaki başarı oranı Çizelge 2.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 2.6 Kimlik Okuma Başarı Oranı

Gönderilen Veri (onluk düzen)	Kimlik Okumada Başarı Oranı
717	1%

2.1.5. Sesüstü veri iletimi ile ilgili değerlendirme

Yukarıda açıklanan veri iletim hızını etkileyen hata kaynaklarından meydana gelen hataların giderilmesi için uygulanacak yöntemlerden biri kullanılacak vericilerin sesüstü dalgalarını gönderme açısına dikkat edilmesidir. Sesüstü enerji kayıplarının büyüklüğü, sesin aldığı mesafeye ve dalgaların yayılmalarına bağlıdır. Bu yüzden uygulanacak diğer yöntemde de seçilecek vericilerde menzilin (sesüstü dalganın alacağı yol) fazla olmasına dikkat edilmesidir. Sönümlenmeden yeteri kadar uzak durabilmek için üretilen sesüstü dalgaların frekansını en iyi sonuç verecek şekilde ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca çok yönlü yayılmalardan meydana gelen yansımalarından kurtulabilmek için sinyallerin görüş alanı (LOS, line of sight) boyunca üretilmesine, alıcının alışı açısının dar olmasına ve alıcı ve vericinin belli bir yükseklikte olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Sistemin gürültüye karşı direnç kazanabilmesi için analog ve sayısal devreler birbirinden uzak tutulması ve toprakları ve beslemeleri ayrı

yerlere bağlanması sağlanmalıdır. Gürültüyü engelleyecek diğer bir faktör ise ortamda başka bir sistemin çalışmasının engellenmesidir.

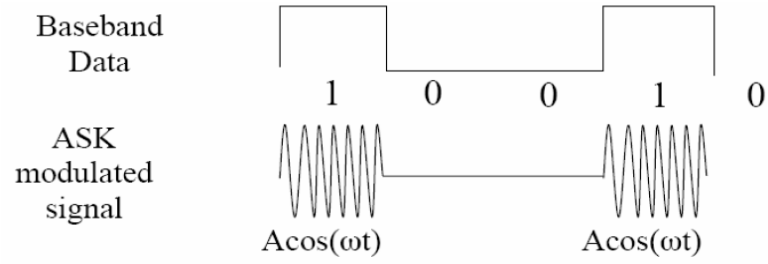
2.2. Sesüstü Kimlik İletimi

Bu çalışmada sesüstü kimlik iletimi için Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying, ASK) yönteminin çeşidi olan açma-kapama anahtarlama (on-off keying) yöntemi kullanılmıştır. Takip eden alt bölümde veri iletim teknikleri ve gerçekleştirilen ses üstü veri iletimi detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.2.1. Veri iletim teknikleri

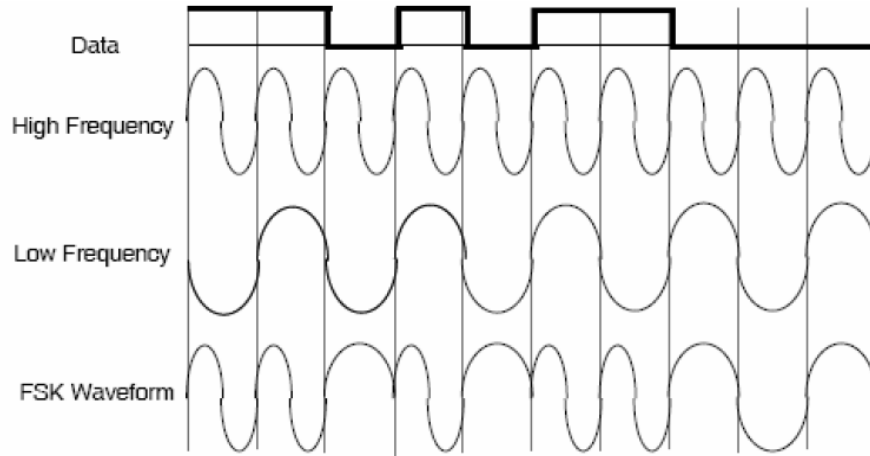
Veri iletim teknikleri analog modülasyonu, pals modülasyonu ve dijital modülasyon olmak üzere üç gruba ayrılır. SKYMOS’da kimlik iletimi için dijital modülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Dijital modülasyonun ASK, FSK (Frequency Shift Keying, FSK), PSK (Phase Shift Keying, PSK), CPM (Continuous Phase Modulation, CPM), QAM (Quadrature Amplitude Modulation, QAM), OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM), TCM (Trellis Coded Modulation, TCM), WM (Wavelet Modulation, WM) ve SST (Spread Spectrum Techniques, SST) gibi çeşitleri bulunmakta olup takip eden kısımlarda bunlar kısaca anlatılmaktadır.

i. ASK: Bu modülasyon tekniğinde dijital semboller sinyalin genliği kullanılarak kodlanmaktadır. Bu modülasyon tekniğinin bir çeşidi olan açma/kapama anahtarlama belli bir genliği olan sinyal lojik “1” değerini, genliği olmayan sinyal ise lojik “0” değerini ifade etmektedir (Mathiopoulos, et al., 2007). Şekil 2.12’de ASK modülasyonu gösterilmektedir.



Şekil 2.12 ASK Modülasyonu (Struzak, 2006)

ii. FSK: Bu modülasyon tekniğinde taşıyıcı sinyalin frekans değişiklikleriyle dijital verilerin iletimi sağlanmaktadır. İki farklı frekanstaki sinyallerden biri dijital “1” değerini diğeri ise dijital “0” değerini ifade etmektedir (Mathiopoulos, et al., 2007). Şekil 2.13’de FSK yöntemi dalga formu (Katz, 1996) bulunmaktadır.



Şekil 2.13 FSK Yöntemi Dalga Formu

FSK modülasyon tekniğinin dört çeşidi vardır. Bunlar:

- i. Ses Frekans Kaydırma Anahtarlama (Audio Frequency Shift Keying, AFSK),
- ii. Çok Frekanslı Kaydırma Anahtarlama (Multi-Frequency Shift Keying, Many FSK veya MFSK),
- iii. Çift Ton Çok Frekanslı (Dual Tone Multi-Frequency, DTMF),
- iv. Sürekli Faz Frekans Kaydırma Anahtarlama (Continuous Phase Frequency Shift Keying, CPFSK).

iii. PSK: Bu yöntemde gönderilecek sinyalin fazında değişiklik yapılmaktadır (Mathiopoulos, et al., 2007). İkili, dördü, sekizli, on altılı PSK, diferansiyel PSK, sapmalı PSK ve $\pi/4$ -QPSK, PSK modülasyonun çeşitleridir. Kablo modemlerinde ve derin döngülü telemetride kullanılır. Faz modülasyonunun en yaygın olan çeşidi QPSK'dır ve QPSK cep telefonu servislerinde, dijital video yayınlarında ve uydularda kullanılmaktadır (Agilent Technologies, 2001).

iv. CPM: Zaman içinde sürekli olan, sabit zarfa sahip sinyaller ve faz taşıyan bilgiler CPM sinyalleri olarak bilinmektedirler (Mathiopoulos, et al., 2007). Minimum kaydırma anahtarlama (Minimum Shift Keying, MSK) ve Gaussian Minimum Kaydırma Anahtarlama (Gaussian Minimum Shift Keying, GMSK) olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır.

v. QAM: Dijital radyolarda, mikrodalgalarda, dijital video yayınlarında ve modemlerde QAM kullanılır (Agilent Technologies, 2001). Çok seviyeli QAM yöntemleri genlik ve faz modülasyonlarının birleşiminden oluşmaktadır (Mathiopoulos, et al., 2007).

vi. OFDM: OFDM, dijital ses yayınlarında (DAB), dijital video yayınlarında (DVB) ve dijital yüksek çözünürlüklü televizyon yayınlarında kullanılmaktadır (Hanzo, et al., 2004).

vii. TCM: Bu yöntem, kodlama ve modülasyon yöntemlerini içermektedir (Mathiopoulos, et al., 2007) ve telefon hatlarında kullanılmaktadır.

viii. SST: Bu teknik, askeri alanda sinyal karışmalarının engellenmesi (anti jamming) ve güdüm sistemlerinde (guidance system) kullanılmaktadır (Fazel and Kaiser, 2008).

ix. WM: Bu tekniğin amacı, bilinmeyen bir kanal üzerinden değişik oranlarda veri göndermektir (Manglani, 2001).

2.2.2. Sesüstü veri iletimi

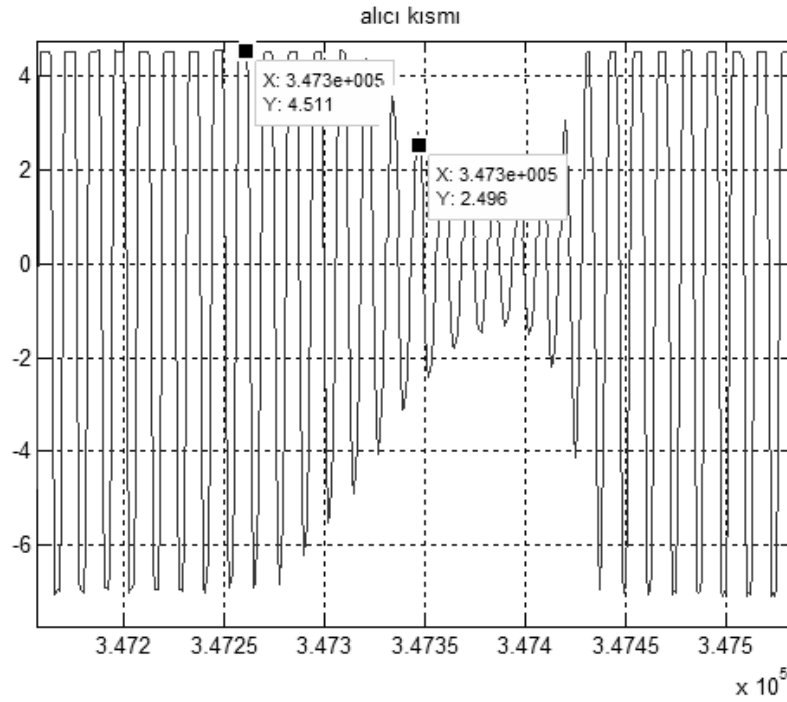
Sesüstü veri iletiminde ASK ve FSK yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar ile ilgili detaylı bilgi aşağıda verilmektedir.

i. ASK: Sesüstü haberleşmede literatürde ASK yöntemini kullanan çalışmalar vardır (Nam and An, 2007), (Shumaker, 2009), (Li, et al., 2008), (Wright, et al., 2006). Bu çalışmalardan (Nam and An, 2007) çalışmasında su altı haberleşme için tasarlanan modemde ASK yöntemi uygulanmıştır. Frekans olarak 40 kHz kullanılmış olup 3 metrede 100 bit veri iletimi gerçekleştirilmiştir. Robotların haberleşmesi için geliştirilen sesüstü modem çalışmasında (Shumaker, 2009) ise ASK yöntemi kullanılmıştır. Bu modemin verici kısmında 40 kHz frekans kullanılmıştır. Her bir bit gönderildikten sonra sönümlenme ile mücadele edebilmek için 7 ms'lik bir gecikme konmuştur. Vericide 4 düğme bulunmaktadır ve bu düğmelerin her biri 2 bitlik kendilerine özgü mesaj göndermektedirler. Her bir mesaj modifiye edilmiş RS-232 protokolü tarafından iletilmektedir. 3 metrede alınan voltaj seviyesi 100 mV'ken, 25 metrede 5 mV'den az bir seviyeye gelmektedir. Alıcı kısmında ise her iletilen bitte en fazla 16 pals algılanmaktadır. Eğer bu 16 paldan 14ü yakalanabilirse (%87.5 oran sağlanırsa) bitin geldiği anlaşılmaktadır. Haberleşme, doğrudan görüş alanında (LOS) 25 metrede %100 başarı oranında sağlanmıştır. Havada kısa mesafeli sesüstü dijital haberleşmeyi inceleyen bir çalışmada (Li, et al., 2008) açma/kapama anahtarlama kullanılarak deneyler yapılmıştır. 50 mm için yapılan deneylerde taşıyıcı frekansı 250 kHz olarak

belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada yapılan diğer bir deneyde örnekleme frekansı 1 Mhz alınarak ikilik düzende 280 farklı 200 bitlik dizgi oluşturulmuştur. Haberleşme mesafesi 2.8 metredir. Veri iletim hızı 83kbpsdir. 2.38 metrede bit hata oranı %50'ye çıkmaktadır. Sesüstü kapasitif algılayıcılar kullanılarak çok kanallı veri transferinin yapıldığı bir çalışmada (Wright, et al., 2006) modülasyon tekniği olarak ASK ve OFDM kullanılmıştır. ASK modülasyonunun kullanıldığı çalışmada frekans olarak 15 kHzlik aralıklarla 215 kHz'den 320 kHz'e kadar (215 kHz, 230 kHz,...,320 kHz) 8 kanal kullanılmış ve veri hızı 80 kb/s üzerine çıkarılmıştır. İkilik düzende 1 büyüklük olarak 20 volta, 0 ise 4 volta ayarlanmıştır.

ASK yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen uygulamada bu modülasyonunun bir çeşidi olan açma/kapama anahtarlama ve sesüstü verici (400ST120) ve alıcı (400PT160) kullanılarak 5 cm'de ulaşılacak en hızlı veri iletim hızı hesaplanmıştır. 5 cm'de alıcı tarafından alınan sinyal şiddeti yüksek olmakta ve bu mesafede yapılan iletimde alıcının aldığı lojik "1" değerinden lojik "0" değerine tam olarak geçmesi için (sönümlenmesi) belli bir süre geçmesi gerekmektedir. Ancak 3 metrede bu süre 5 cm için geçen süreden daha kısadır. 5 cm'de geçiş süresinin uzun olması veri okunması güçleştirmektedir. Bu nedenden dolayı 5 cm'de bu testin yapılmasına karar verilmiştir.

Alıcı tarafından alınan sinyalde, lojik "1" değerinden lojik "0" değerine geçmek için gereken sürenin hesaplanabilmesinde 40 kHzde değişik bit genişliklerinde lojik "1" değeri ve ardından lojik "0" değeri üretilmiştir. Voltaj referansı 2.5 V olarak belirlenmiştir. Voltaj referansının yüksek bir değerde tutulmasının nedeni veri bitlerinin çok yakın mesafelerde düzgün okunabilmesinin sağlanmasıdır. Voltaj referansının üzerinde kalan yerler lojik "1" değerinin bir parçası olduğu kabul edilmektedir. Lojik "1" değerinin genişliği 750 us olarak ayarlandığında elde edilen lojik "0" değerine geçiş süresi, 750 usden daha az sürelerde oluşturulan lojik "1" değeri için çok az değişiklik göstermektedir. Bunun sonucunda 750 us boyunca ardı ardına lojik "1" ve lojik "0" değerleri üretilmiştir. Şekil 2.14'de alıcı tarafından alınan sinyallerde lojik "1" değerinden lojik "0" değerine voltaj referansı 2.5 V olduğunda geçiş süresi gösterilmektedir.



Şekil 2.14 Lojik "1" Değerinden Lojik "0" Değerine Voltaj Referansı 2.5 V Olduğunda Geçiş Süresi

Verici devresinde ilk sinüs sinyalinde alınan değer:

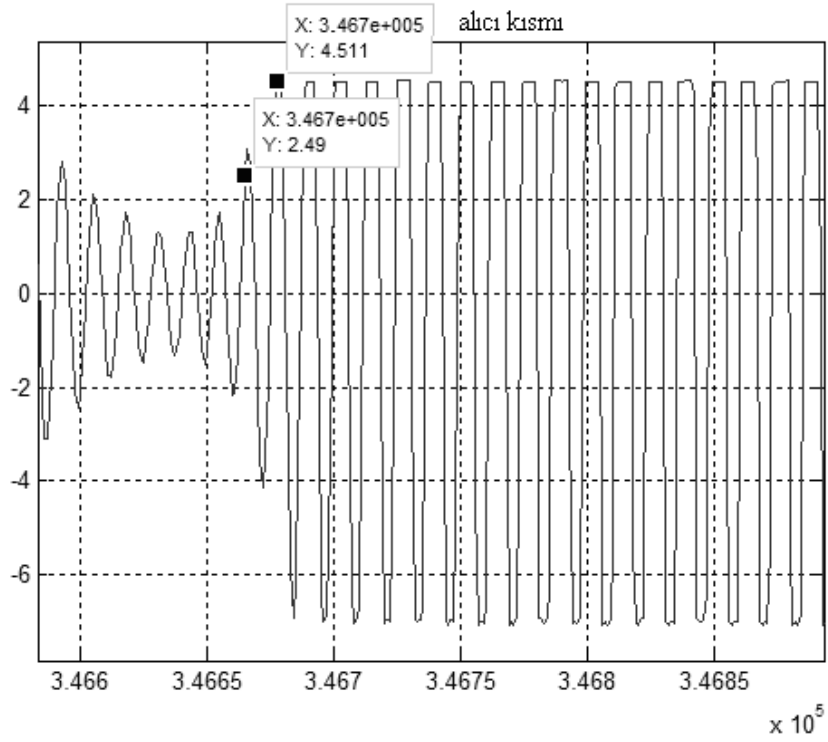
$$x_1 = 347261$$

İkinci sinüs sinyalinde alınan değer:

$$x_2 = 347346$$

x_1 ve x_2 hangi örnekte olduğunu göstermektedir. Saniyede 500000 örnek alındığı için $x_2 - x_1 = 347346 - 347261 = 85$ örnek $85 \times 2 = 170 \mu s = 0.170 \text{ ms}$ 'ye karşılık gelmektedir.

Şekil 2.15’de lojik “0” değerinden lojik “1” değerine voltaj seviyesi 2.5 V olduğunda geçiş süresi gösterilmektedir.



Şekil 2.15 Lojik “0” Değerinden Lojik “1” Değerine Voltaj Seviyesi 2.5 V Olduğunda Geçiş Süresi

Verici devresinde ilk sinüs sinyalinde alınan değer:

$$x_1 = 346665$$

İkinci sinüs sinyali için

$$x_2 = 346678$$

x_1 ve x_2 hangi örnekte bulunduğunu göstermektedir. Saniyede 500000 örnek alındığı için $x_2 - x_1 = 346678 - 346665 = 13$ örnek $13 \times 2 = 26$ us = 0.026ms'ye karşılık gelmektedir.

Gerçekleştirilen SKYMOS'da veri okuma için karşılaştırıcı modül özelliği kullanılmaktadır. KOSMO (Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer) modülünde bu özelliğe sahip mikrodenetleyici seçilmiştir. Karşılaştırıcı modülün, eşik değerinin geçildiğini anlaması 10 us sürmektedir. Her bir alınan veride 8 örnek alınması planlandığında üretilecek lojik "1" değerinin uzunluğu $(8 \times 10) + 26 + 170 = 276$ us çıkmaktadır.

Tezde yapılması planlanan veri iletiminde 10 bit kimlik bilgisi aktarımı ve üretilecek her bir bitin 276 us sürdüğü göz önüne alındığında bir veri iletimi $276 \times 10 = 2.76$ ms sürmektedir. Bu da yaklaşık olarak 1 saniyede $1000 / 2.76 = 362$ (1s = 1000ms) adet verinin aktarımını sağlamaktadır. Bu durumda ASK ile veri iletim hızı 3.6 kbps ye kadar çıkabilmektedir.

ii. FSK: FSK yöntemi kullanılarak sesüstü haberleşmenin yapıldığı farklı uygulamalara rastlanılmıştır (Li, et al., 2008), (Hosman, et al., 2010). Bu çalışmalardan (Li, et al., 2008) çalışmasında havada kısa mesafeli sesüstü dijital haberleşme incelenmektedir. Bu çalışmada, BFSK yöntemi kullanılan deneyler mevcuttur. 50 mmde yapılan deneylerde merkez frekansı 250 kHz alınmıştır. Aynı çalışmada 280 farklı 200 bitlik dizgi oluşturulup örnekleme frekansı 1Mhzde tutularak çalışma yapılmıştır. 2.8 metrede haberleşme sağlanmıştır. Veri iletim hızı 83kbpsdir. Bit hata oranı, 2.8 metrede %33e çıkmaktadır. Sesüstü haberleşme için MFSK (Çok Tonlu FSK) tekniği inceleyen çalışmada (Hosman, et al., 2010) en fazla 16 adet sembol kullanılmıştır. Taşıyıcı frekansı 280 kHz ile 320 kHz arasında değerler almıştır (284kHz, 286.5 kHz, 305.8 kHz v.b.). Veri hızı 800 kb/s'dir.

Tezde FSK yöntemi kullanılarak farklı uygulamalar yapılmıştır. Bunlar; i. 50, 100, 150 cm sabit mesafelerde üretilen farklı frekanslar için alınan sinyallerin genlikleri incelenmiş, ii. Frekanslar arası geçişlerdeki gecikmeler araştırılmıştır.

a. Voltaj seviyelerinin karşılaştırılması testleri: Yapılan bu uygulamada National Instrument'in NI USB-6259 veri toplama kartı kullanılarak değişik frekanslarda sinyaller üretilmiş olup 50, 100, 150 cm sabit mesafelerde alınan bu sinyallerin genlikleri incelenmiştir.

50 cm, 100 cm, 150 cm için üretilen sinyaller -5V,+5V genlikleri aralığındadır. Alınan sinyallerin voltaj değerleri Çizelge 2.7deki gibidir.

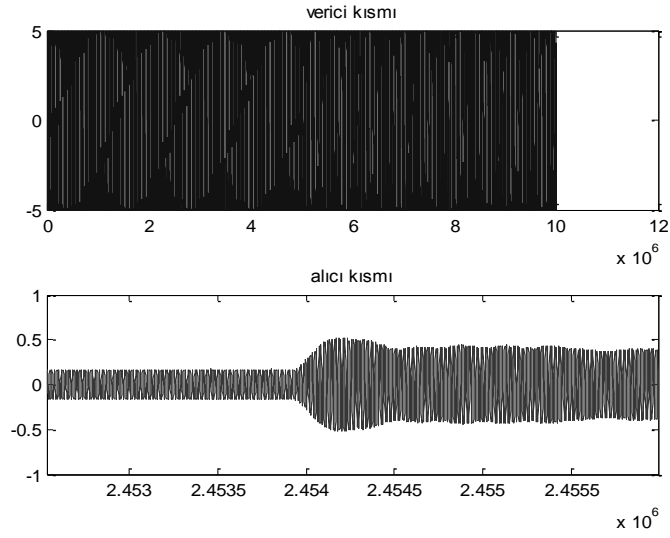
Çizelge 2.7 Üretilen Farklı Frekansların Farklı Uzaklıklardaki Voltaj Aralıkları

	38kHz	39kHz	40kHz	41kHz	42kHz
50 cm için Voltaj Seviye Aralığı	-0.06V, +0.06V	-0.17V, +0.17V	-0.53V, +0.53V	-0.4V, +0.4V	-0.11V, +0.11V
100 cm için Voltaj Seviye Aralığı	-0.045V, +0.045V	-0.1V, +0.1V	-0.3V, +0.3V	-0.2V, +0.2V	-0.06V, +0.06V
150 cm için voltaj seviye aralığı	-0.03V, +0.03V	-0.07V, +0.07V	-0.2V, +0.2V	-0.1V, +0.1V	-0.05V, +0.05V
200 cm için voltaj seviye aralığı	0V	0V	0V	0V	0V
300 cm için voltaj seviye aralığı	0V	0V	0V	0V	0V

Mesafe azaldıkça alınan voltaj seviyelerinin her bir sinyal için arttığı ve her bir mesafe değeri için 40 kHzde üretilen sinyallerin alınan voltaj seviyeleri, diğer frekansta üretilen sinyallerin alınan voltaj seviyelerinden yüksek olduğu görülmektedir.

b. Frekanslar arası geçişlerdeki gecikmeler: Yapılan bu uygulamada üretilen farklı frekanstaki iki sinyalin arasındaki geçişlerde meydana gelen gecikmeler incelenmiştir.

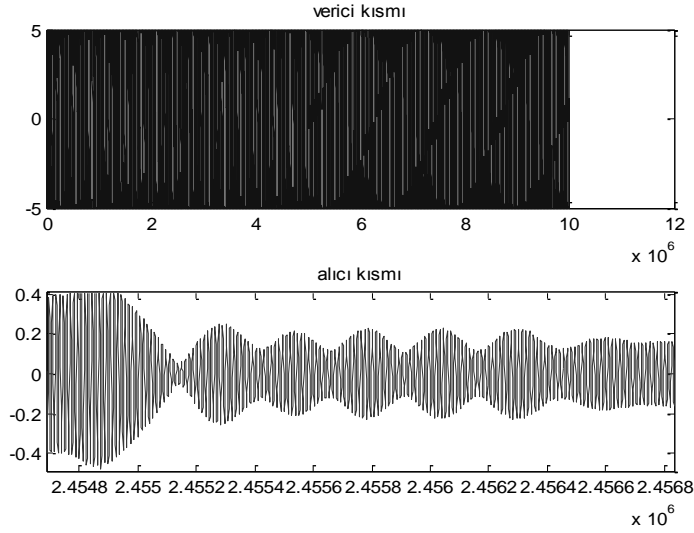
39 kHzden 41 kHz'e geçiş: Yapılan bu test 50 cm'de gerçekleşmiştir. 39 kHz'den 41 kHz'e geçişte alıcının verdiği tepki Şekil 2.16'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16 39 kHzden 41 kHz'e Geçişte Alıcının Verdiği Cevap

39 kHzlik sinyalin bittiği nokta 2.4540×10^6 .ncı örnekleme sayısına denk gelmektedir. 41 kHz başladığı nokta ise 2.4545×10^6 .ncı örnekleme sayısına denk gelmektedir. Bu durumda iki örnekleme sayısı arasındaki fark $2.4545 \times 10^6 - 2.4540 \times 10^6 = 500$ dür. Yazılımda saniyede 500000 örnek alındığı için iki örnekleme arasında çıkan 500 örnek 39 kHzden 41 kHz'e tam olarak geçmek için 0.1ms gerektiğini göstermektedir.

41 kHzden 39 kHz'e Geçiş: 50 cmde bu test yapılmıştır. 41 kHzden 39 kHz'e geçişte alıcının verdiği tepki Şekil 2.17'de gösterilmektedir.



Şekil 2.17 41 kHzden 39 kHz'e Geçişte Alıcının Verdiği Cevap

41 kHzlik sinyalin bittiği nokta 2.4548×10^6 .nci örnekleme sayısına denk gelmektedir. 39 kHz başladığı nokta ise 2.4565×10^6 .nci örnekleme sayısına denk gelmektedir. İki örnekleme sayısı arasındaki fark $2.4565 \times 10^6 - 2.4548 \times 10^6 = 1700$ dür. Saniyede 500000 örnek alındığında iki örnekleme arasında çıkan 1700 örnek 41 kHzden 39 kHz'e tam olarak geçmek için 3.4ms gerektiğini göstermektedir.

2.2.3. Veri iletim yöntemlerinin değerlendirilmesi

ASK ve FSK yöntemlerinin araştırılması ve bu yöntemler ile yapılan testler sonucunda SKYMOS'da kullanılacak veri iletim yöntemi ASK yönteminin çeşidi olan açma/kapama anahtarlama olarak seçilmiştir. Bu yöntemin seçilmesi ile ilgili detaylı açıklama aşağıda verilmektedir.

SKYMOS'da alıcı ve verici olarak 40 kHz merkez frekansına sahip 2 kHz bant genişliğinde algılayıcıların kullanılmasına karar verilmiştir. Bu algılayıcıların

seçilmesinde kolay temin edilebilmeleri, maliyet açısından uygun olmaları ve yaygın bir şekilde kullanılmaları önemli bir etken teşkil etmektedirler.

1. SKYMOS'da kullanılacak ASK yöntemini seçilmesinin sebeplerinden biri kullanılacak tekniğin basit olmasıdır. FSK yönteminde kullanılan bitlerin frekanslarının ayrılması için bant geçiren filtreler kullanılmaktadır. Bu da ek donanım gerektirmektedir. PSK yönteminde ise faz kayması gerçekleştirileceği için FSK yönteminde olduğu gibi devre tasarımı zorlaşmaktadır. ASK yönteminde ise sadece bitlerin okunması için bitlerin voltaj değerlerinin belirlenen eşik değeriyle karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu durum ASK yönteminin kolay bir yöntem olduğunu göstermektedir. Yöntemin kolay olması fazladan entegre v.b. kullanımının önüne geçtiği için maliyetin azalmasına da yol açmaktadır.

2. Yapılan birçok çalışmada (Nam and An, 2007), (Shumaker, 2009), 40 kHz alıcı ve vericinin ASK modülasyon tekniğiyle beraber kullanıldığını görmekteyiz. Geliştirilen SKYMOS'da 40 kHz merkez frekansına sahip 2kHz bant genişliğinde alıcı ve vericisi kullanılmaktadır. FSK yöntemi bu algılayıcı çiftleriyle uygulanabilmektedirler ancak bu yöntemde kullanılacak devrelerin tasarımı bant geçirici filtre kurulması gerektiğinden karmaşık olmaktadır. PSK ve OFDM yöntemlerinde kazancın düşük olması ve bant aralığının geniş olması kullanılan algılayıcıların bu yöntemlerde kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

3. ASK yönteminin kullanıldığı birçok çalışmada (Nam and An, 2007), (Li, et al., 2008), (Wright, et al, 2006) tezde hedeflenen veri hızı olan 60 bps üzerindedir. ASK Yöntemi ile veri iletim hızının belirlenmesi uygulamasında (Bknz: Bölüm 2.2.2) yapılacak veri iletim hızının 60 bps'dan yüksek olabileceği görülmüştür.

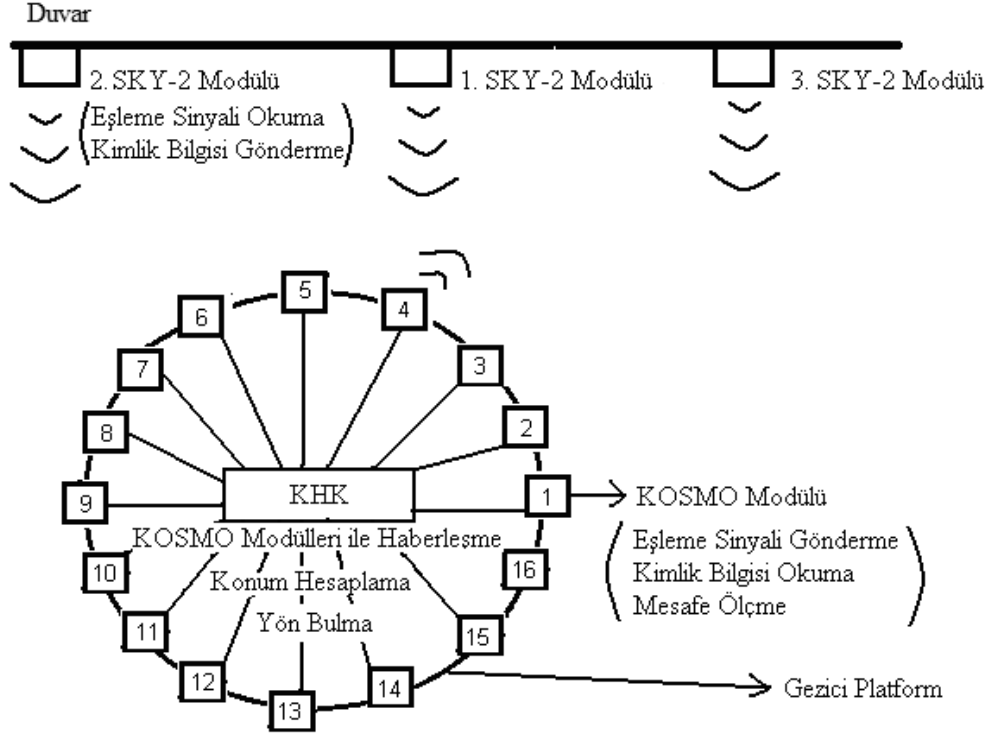
4. Veri toplama kartı ile yapılan testler sonucunda 38kHz, 39 kHz, 41 kHz ve 42 kHz'lik sinyaller üretildiğinde alıcı tarafından alınan voltaj seviyeleri 40 kHz'de üretilen sinyalin alıcı tarafından alınan voltaj seviyesinden düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca 39 kHz'den 41 kHz'e geçişte 0.1 ms'ye ve 41 kHz'den 39 kHz'e geçişte ise 3.4 msye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum veri iletim hızını olumsuz yönde

etkilemektedir. Yukarıdaki bu iki özellik ve bant geçirici filtre kurma gerekliliğinden dolayı FSK yöntemi kullanılacak veri iletimi sisteminde kullanılmamıştır. 40kHz'de gönderilen sinyalin alınan voltaj seviyesi diğer frekanslarda alınan voltaj seviyelerinden yüksek olmasından dolayı veri iletiminde üretilecek taşıyıcı sinyallerin 40 kHz olmasını sağlamıştır.

BÖLÜM 3

SESÜSTÜ KONUMLANDIRMA YAPABİLEN MESAFE ÖLÇÜM SİSTEMİ

Bu tez kapsamında Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) gerçekleştirilmiştir. Sistemde Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan (SKY) modülleri, Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer (KOSMO) modülleri ve Kontrol ve Haberleşme Kartı (KHK) bulunmaktadır. SKY modülleri ortamda bilinen sabit koordinatlara yerleştirilmektedir. Bu modüller ortama kendi kimlik bilgilerini yaymaktadır. KOSMO modülleri ise gezici platform üzerine yerleştirilmekte olup KHK tarafından kontrol edilmektedir. KHK konum hesabı ve yön bulunması için öncelikle her bir KOSMO modülünün sırasıyla mesafe okumasını sağlamaktadır. Okunan mesafe değerleri KHK'da bulunan mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Mesafe ölçüm özelliği için sesüstü sinyallerin uçuş süresi kullanılmaktadır. Konum hesaplanması ve yön bulunması için gerçekleştirilen bir sonraki adım ise KOSMO modüllerinin kimlik bilgisi okumasıdır. Bu fonksiyonda öncelikle KOSMO modülü ortama eşleme sinyali göndermektedir. Bu sinyali okuyan SKY modülleri kendi kimlik bilgilerini göndermektedir. Okunan kimlik bilgisi ve KOSMO modülünün eşleme sinyali göndermesinden kimlik bilgisi okumasına kadar geçen sesüstü sinyalin uçuş süresinin hesaplanmasını sağlayacak zamanlayıcının sayı değeri KHK'da bulunan mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Gerçekleştirilen veri iletiminde ASK'nın bir çeşidi olan açma-kapama anahtarlama yöntemi kullanılmıştır. KHK kimlik okuma ve mesafe ölçme sonucunda elde edilen değerleri konum hesaplamasında ve yön bulunmasında kullanılmaktadır. Sistemin genel yapısı Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1 Sistemin Genel Yapısı

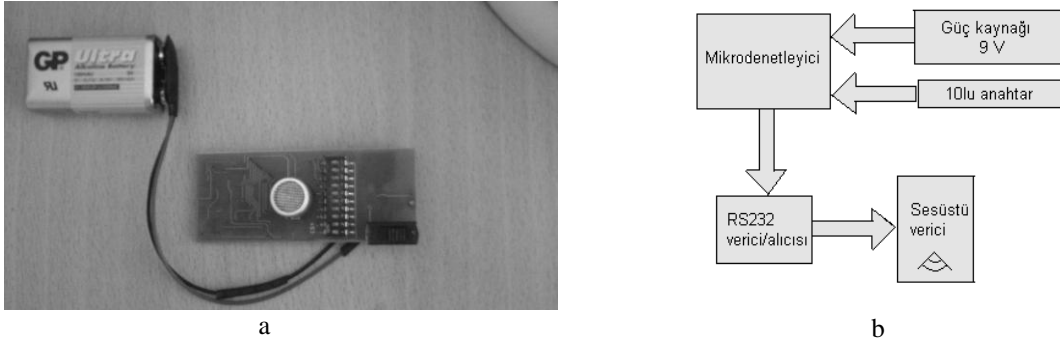
3.1. Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) Bileşenleri

SKYMOS, sesüstü kimlik bilgisi yayını yapan SKY modülleri, kimlik yayını okuyan, eşleme sinyali gönderen ve mesafe ölçen KOSMO modülleri ve bu modülleri yöneten, sesüstü konumlandırma yapan, gezici platformun yönünü bulan ve gerektiğinde KOSMO modüllerinin mesafe ölçüm sonuçlarını gezici birime ileten KHK'dan oluşmaktadır.

3.1.1. Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan (SKY) modül

Tez kapsamında sürekli sesüstü kimlik yayını yapan (SKY-1) ve istenildiği zaman sesüstü kimlik yayını yapan (SKY-2) modülü olmak üzere iki tip SKY modülü geliştirilmiştir.

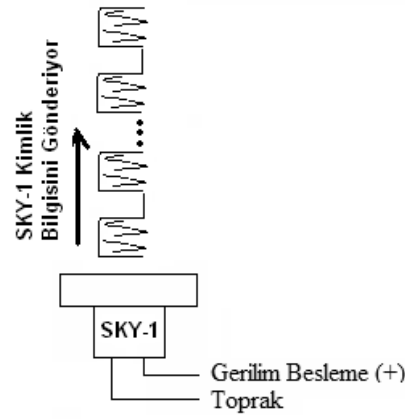
i. Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan-1 (SKY-1) modül: SKY-1 modülü sürekli olarak saniyede 6 adet 10 bit sesüstü kimlik bilgisi yayımlayan bir modüldür. Bu modülün donanımsal tasarımı dâhilinde vericinin gönderdiği sinyalin voltaj değerinin yükseltilmesi ve kullanılan dip anahtarla kimlik bilgilerin değiştirilmesi sağlanmıştır. Bu modülün yayınladığı kimlik bilgisi KOSMO modülü tarafından 3 metre mesafe içerisinde okunmaktadır. Şekil 3.2’de SKY-1 Modülü a. SMD tasarımı – b. blok şeması verilmektedir.



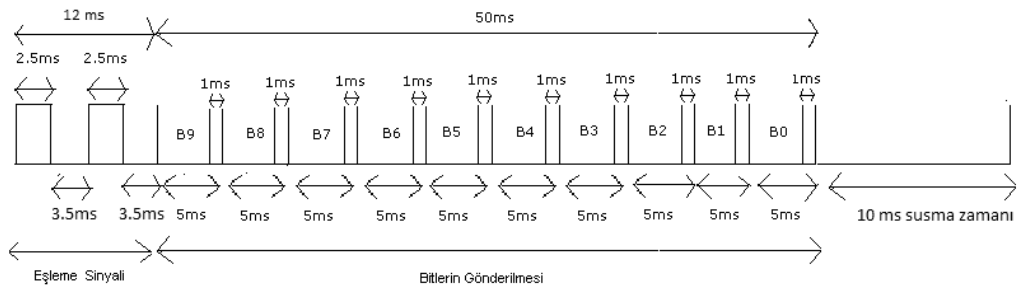
Şekil 3.2 SKY-1 Modülü: a.SMD Prototipi, b. Blok Şeması

Şekil 3.3’de SKY-1 modülünün girdi-çıkışı açısından fonksiyonel yapısı gösterilmektedir. Şekil 3.4’de ve Şekil 3.5’de ise sırasıyla veri katarının yapısı ve bu modülün yazılımsal akış diyagramı verilmektedir. SKY-1 modülünde kimlik bilgisinin yayınlanması için ASK modülasyonunun bir çeşidi olan açma-kapama anahtarlaması kullanılmaktadır (detaylar için bkz. Alt bölüm 2.2.1). Veri gönderiminden önce eşleme

sinyali oluşturulmakta ve bu eşleme sinyalinde sırasıyla 2.5 ms lojik “1”, 3.5 ms lojik “0” değerleri iki defa üretilmektedir. Veride bulunan bitlerinin genişliği 4 ms’dir. Ayrıca verideki her bir bitten sonra 1 ms’lik bir bekleme bulunmaktadır. Beklemeler, alıcı tarafında alınan lojik “1” değerinin sıfıra düşmesini kolaylaştırmaktadır. Verinin sonunda ise 10 ms’lik susma zamanı vardır. Bu sayede yansımaların alınmasının önüne geçilmektedir.



Şekil 3.3 SKY-1 Modülü Fonksiyonel Yapısı



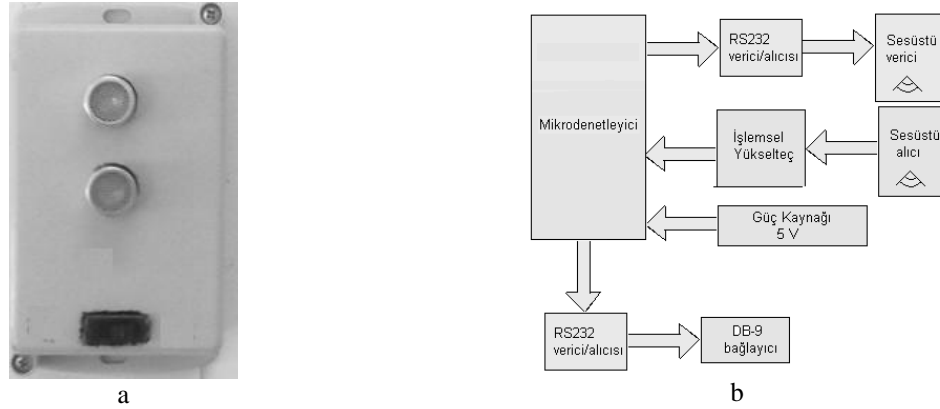
Şekil 3.4 Bitlerin Gönderilmesi



Şekil 3.5 SKY-1 Modülü Akış Diyagramı

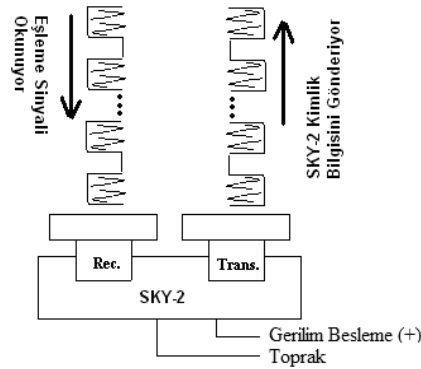
SKY-1 modülünde 12 ms eşleme sinyali, 50 ms veri (herbir bit 4 ms olup her bir bittten sonra 1 ms bekleme konmuştur) ve 10 ms susma zamanı vardır. Böylece toplamda 72 ms'lik veri gönderilmektedir. Bu da saniyede yaklaşık $1000/72=13$ veri gönderimini sağlamaktadır.

ii. Sesüstü Kimlik bilgisi yayını Yapan-2 (SKY-2) modül: SKY-2 modülü talep edildiğinde kimlik bilgisi gönderen bir modüldür. Bu modülde vericinin gönderdiği ve alıcı tarafından alınan sinyallerin voltaj değerlerinin yükseltilmesi sağlanmıştır. Ayrıca alınan sinyaldeki gürültü ve yansıma gibi olumsuz etkilerin önlenmesi ve alınan sinyalin zarfının çıkarılması için gerekli donanımsal özelliklere sahiptir. Şekil 3.6'da SKY-2 Modülü a. kutu tasarımı – b. blok şeması verilmektedir.

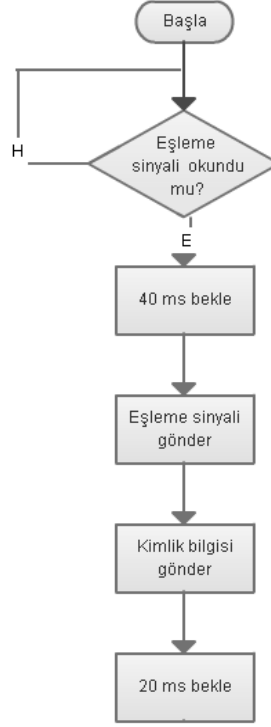


Şekil 3.6 SKY-2 Modülü: a.Kutu Tasarımı, b. Blok Şeması

Şekil 3.7’de ve Şekil 3.8’de sırasıyla SKY-2 modülünün girdi-çıkışı açısından fonksiyonel yapısı ve yazılımla ilgili akış diyagramı verilmektedir. SKY-2 modülünde geliştirilen yazılımda SKY-1 modülünden farklı olarak KOSMO modülünden yayınlanan eşleme sinyalinin okunması gerçekleştirilmektedir. Bu modül, eşleme sinyalini okuduktan sonra 40ms beklemektedir. Bekleme süresinin bitiminde SKY-2 modülü kendine ait kimlik bilgisini yayınlamaktadır. Kimlik bilgisi yayınlanması için geliştirilen yazılım SKY-1 modülü için geliştirilen yazılımla aynıdır. Tüm bu işlemlerin sonunda yansımaların önüne geçilebilmesi için 20 ms susma zamanı bulunmaktadır.



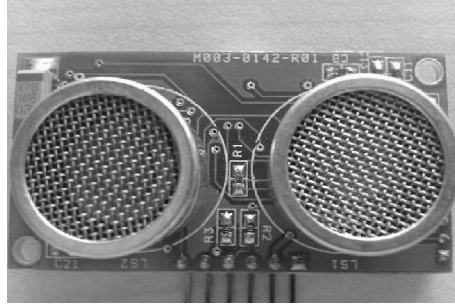
Şekil 3.7 SKY-2 Modülü Fonksiyonel Yapısı



Şekil 3.8 SKY-2 Modülü Akış Diyagramı

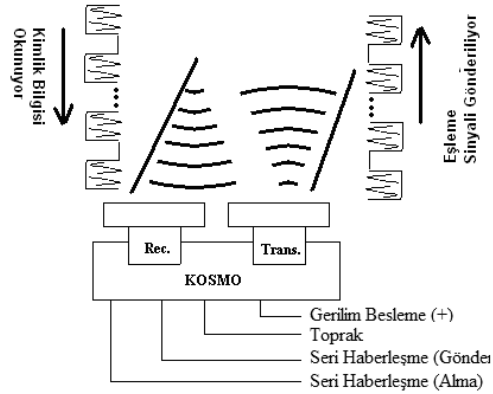
3.1.2. Kimlik yayını Okuyabilen Sesüstü Mesafe Ölçer (KOSMO) modül

KOSMO modülü (Bkz: Şekil 3.9) SKY-1 ve SKY-2 modülleri tarafından yayınlanan kimlik bilgilerini okuyabilen, SKY-2 modülüne eşleme sinyalini gönderebilen ve mesafe ölçme özelliğine sahip olan bir modüldür. Bu modül SKY-1 ve SKY-2 modüllerinin gönderdiği kimlik bilgilerini 3 metre mesafede okuyabilmekte ve 5cm-500cm arası 3 cm hassasiyetle mesafe ölçebilmektedir. Bu modülün donanımsal yapısı SKY-2 modülüyle aynıdır. Ancak bu iki modülde kullanılan sesüstü verici ve alıcı çifti farklıdır.



Şekil 3.9 KOSMO Modülü Blok Şeması

KOSMO modülü mesafe ölçülmesi, eşleme sinyalinin üretilmesi ve kimlik okunması için yazılım geliştirilmiştir. KOSMO modülünün girdi-çıkışı fonksiyonel yapısı Şekil 3.10’da verilmektedir.

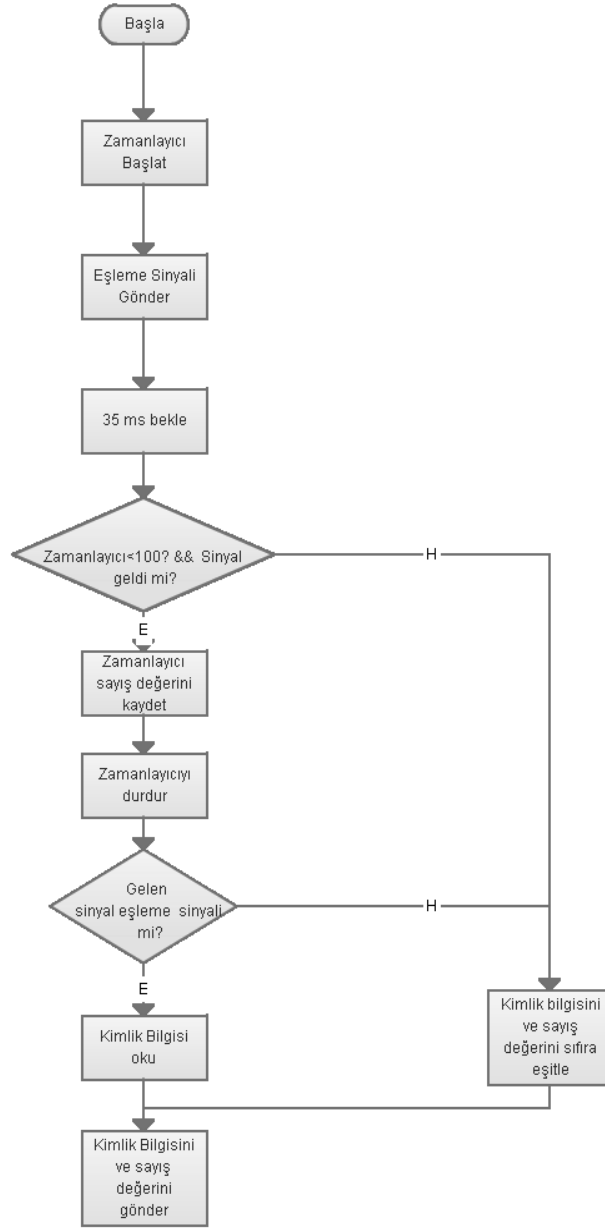


Şekil 3.10 KOSMO Modülü Fonksiyonel Yapısı

Kosmo modülü kimlik okuma özelliği

KOSMO modülüne bilgisayar veya başka bir mikrodenetleyici tarafından “S” karakteri gönderildiğinde öncelikle SKY-2 modülü tarafından okunacak eşleme sinyalini göndermektedir. Bu modül, SKY-2 modülünden gelen sinyali okumak için 35

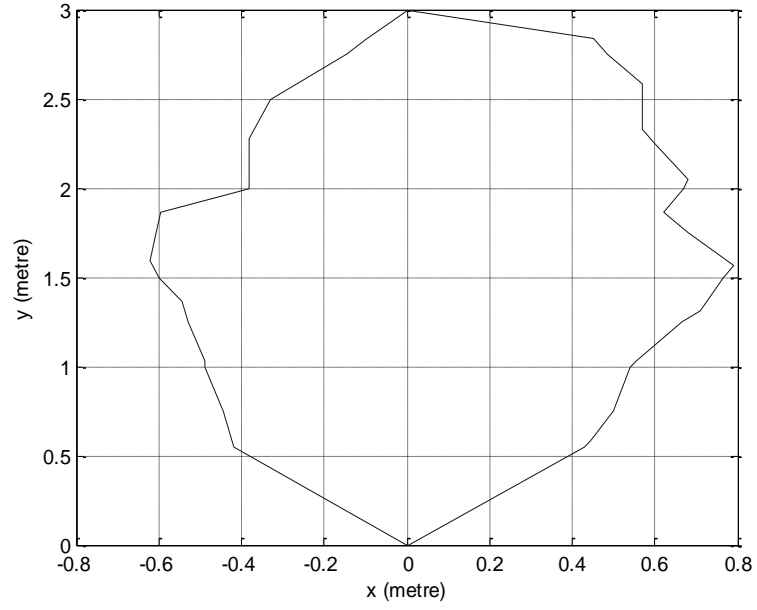
ms beklemektedir. Bu süre zarfında beklenilmesinin sebebi yayınlanan eşleme sinyali sonucunda ortaya çıkabilecek yansımaların okunmasının engellenmesidir. Bekleme süresinin sonunda SKY-2 modülünün kimlik bilgisi yayınının 62 ms sürmesinden dolayı 100 ms'lik bir süre içerisinde KOSMO modülü tarafından sinyal okunmaya çalışmaktadır. Sinyal gelmediyse KOSMO modülü "P0000 00000:" verisini göndermektedir. "P0000" bölümü sinyal olmadığını "00000" bölümü ise TOF değerinin olmadığını göstermektedir. KOSMO modülü sinyal geldiğini karşılaştırıcı (comparator) pini ile anladığında bu sinyalin eşleme sinyali olup olmadığını kontrol etmektedir. Eşleme sinyalini okuyamadıysa "P1111 00000:" gönderilmektedir. "P1111" bölümü SKY-2 tarafından gönderilen eşleme sinyalinin okunmadığını, "00000" bölümü ise TOF değerinin olmadığını göstermektedir. Eşleme sinyali okunduğunda SKY-2 modülü tarafından gönderilen kimlik bilgisi okunmaktadır. Kimlik bilgisi okunurken 4 ms'lik bitler için 8 örnek alınmakta (0.5ms aralıklarla) ve alınan sekiz örnekte en az 5 örnek lojik "1" değeri olarak okunduysa okunan bit lojik "1" değeri olarak kabul edilmektedir. Ancak, en az 4 veya 5 örnek lojik "0" değeri olarak okunduysa okunan bit lojik "0" değeri olarak kabul edilmektedir. Değişik mesafelerde tek bir voltaj referansı kullanarak kimlik bilgisinin okunması doğru bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Okunan kimlik bilgisi zamanlayıcı sayış (count) değeri ile birlikte gönderilmektedir. Zamanlayıcının sayış değerini hesaplayabilmesi için SKY-2 modülüne eşleme sinyali göndermeden önce zamanlayıcı değeri başlatılmakta ve KOSMO modülü SKY-2 modülünden bir sinyal aldığını anladığında zamanlayıcı değeri kaydedilmektedir. Elde edilen bu değerden, KOSMO modülünün SKY-2 modülünden gelen sinyali okuması için yapmış olduğu bekleme süresinin (35 ms) sayış değeri çıkarılmaktadır. Hesaplanan değer TOF değerinin hesaplanması için zamanlayıcının sayış (count) değerini vermektedir. Kimlik bilgisinin okunması sonucunda gönderilen veri katarının başında "Q" karakteri ve sonunda ":" bulunmaktadır (Örnek: "Q 1 38750:"). Bu modülün kimlik okuma yazılımsal akış diyagramı şekil 3.11'de verilmektedir.



Şekil 3.11 KOSMO Modülü Kimlik Okuma Akış Diyagramı

Kimlik okuma için yapılan fonksiyonel testlerde SKY-1 tarafından gönderilen kimlik bilgilerinin KOSMO modülü tarafından okunduğu mesafe ve bu kimlik bilgilerini okumasındaki başarı oranı incelenmiştir. Şekil 3.12’de x ekseninde bulunan 0 noktası SKY-1 modülünün yayın yaptığı konum, y eksenini ise veri iletiminin

gerçekleştirdiği mesafe aralığını göstermektedir. Şekil 3.12 ve Çizelge 3.1’de KOSMO modülünün 0 dan 8 e kadar olan kimlik bilgilerini doğru bir şekilde okuduğu mesafe aralığı x ekseninde 1.41 metre, y ekseninde ise 3 metre olduğu görülmektedir. Ayrıca Çizelge 3.1’de gösterilen açı değeri KOSMO modülünün kimlik bilgisini doğru okuması için SKY-1 modülü ile yapması gereken açı değerini göstermektedir.

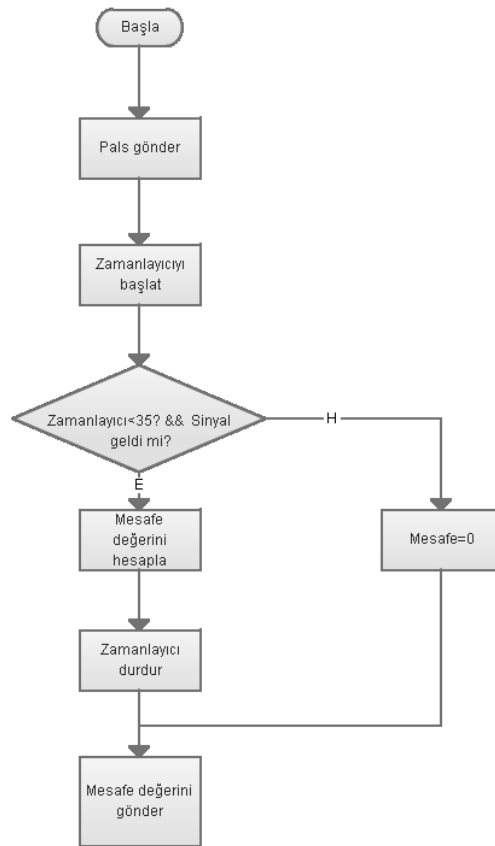


Şekil 3.12 KOSMO Modülünün Kimlik Bilgisini Okuduğu Bölge

Kosmo modülü mesafe ölçme özelliği

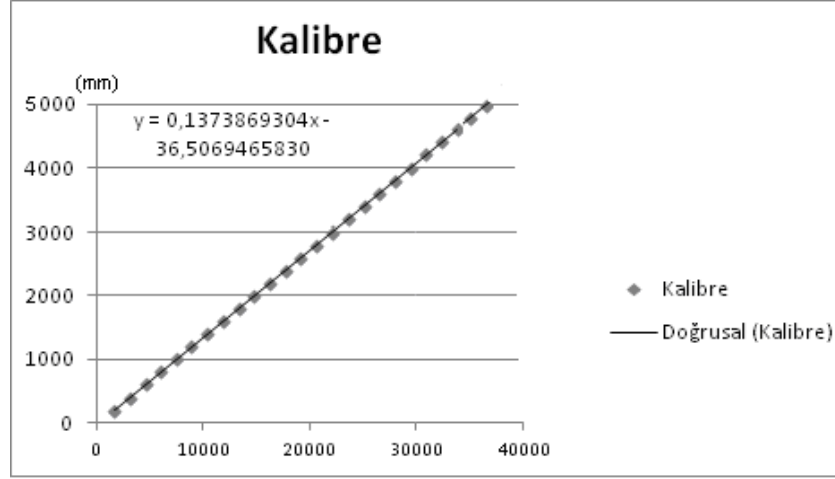
Mesafe ölçümü için TOF yöntemi kullanılmaktadır. Yazılımda en ufak mesafenin iyileştirilebilmesi için dinamik eşik özelliği bulunmaktadır.

Yayın yapma için yazılmış fonksiyonda 8 pals üretilmekte, bu 8 pals vericiden yayınlanmakta ve zamanlayıcı başlatılmaktadır. Ana program yankıyı dinlemekte ve yankıyı aldığı anda zamanlayıcı değerine göre mesafeyi hesaplamaktadır. Mesafe ölçümü için yazılımda veri katarı başına T karakteri bilgisayara gönderilmektedir. KOSMO modülünün mesafe ölçme moduna geçebilmesi için bilgisayar veya başka bir mikrodenetleyici tarafından T karakteri gönderilmesi ve KOSMO modülünde bulunan mikrodenetleyicinin bu karakteri okuması gerekmektedir. Bu modülün mesafe ölçme yazılımsal akış diyagramı Şekil 3.13’de gösterilmektedir.



Şekil 3.13 KOSMO Modülü Mesafe Ölçme Akış Diyagramı

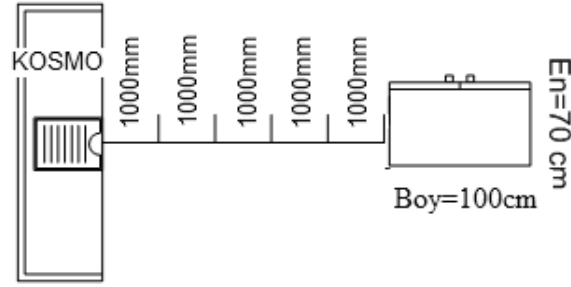
KOSMO modülünde gerçekleştirilen mesafe ölçümü testlerinde alınan zamanlayıcı değerleri ile mesafe arasındaki ilişkinin bulunmasında KOSMO modülünün smd kılıf prototipi için Şekil 3.14'deki kalibrasyon grafiği çıkartılmıştır. Bu şekilde x eksenini zamanlayıcının sayış değerini, y eksenini ise mesafeyi göstermektedir.



Şekil 3.14 Smd Kılıf Prototip İçin Çıkarılan Kalibrasyon Doğrusu

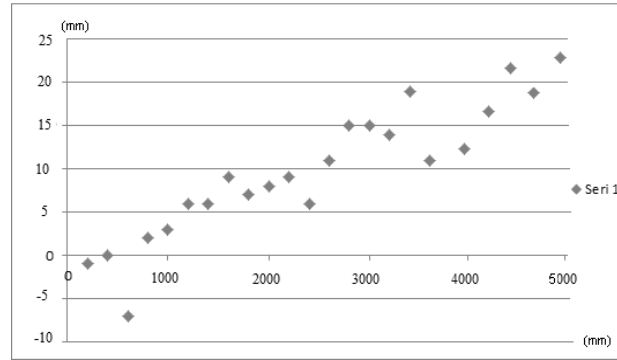
Grafikte elde edilen doğru denklemi ölçülen sesüstü uçuş zamanlayıcı değeri ile mesafe arasındaki ilişkiyi göstermekte olup sesüstü sinyalin uçuş hızı ve verici ve alıcıların konumlarındaki kaymalar gibi çeşitli sebeplerden kaynaklanan ofset değerlerini içermektedir.

Fonksiyonel testler Şekil 3.15'de bulunan grafikte gösterildiği deney koşullarında yapılmıştır. Testler yapılırken 100x70 cm boyutunda mukavva bir plaka kullanılmıştır.



Şekil 3.15 Test Alanı Benzetimi

Fonksiyonel testler farklı günlerde yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Smd devre ile 05.08.2011 tarihinde yapılan testte Şekil 3.16'daki hata dağılımı elde edilmiştir. Şekil 3.16'da x eksenı mesafeyi, y eksenı ise hata değeri göstermektedir. Yapılan farklı günlerdeki testler sonucunda hata değeri 3 cm üzerinde olmadığı sonucu çıkarılmıştır.

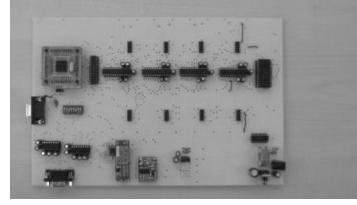


Şekil 3.16 Smd Kılıf Prototip ile Ölçülen Mesafeye Göre Hata Dağılım Grafiği

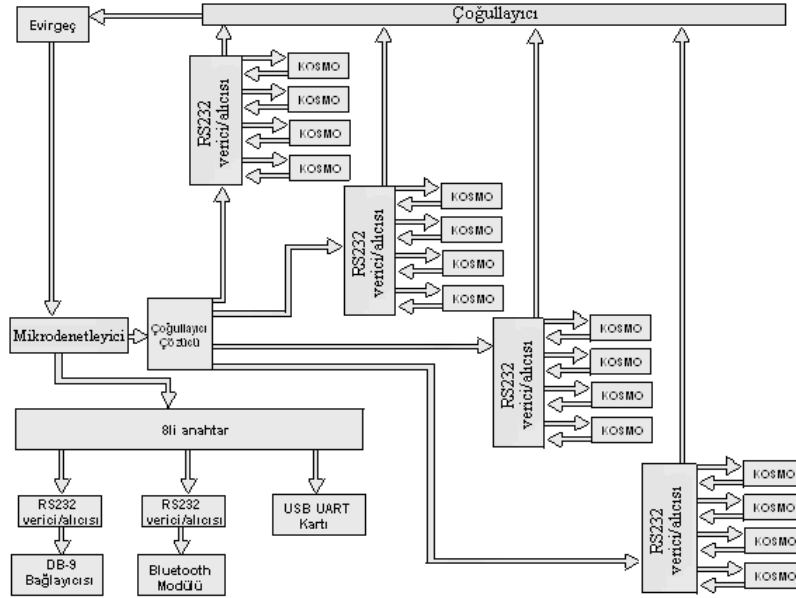
◆ → Ölçülen Mesafe Hata Dağılımını göstermektedir.

3.1.3. Kontrol ve Haberleşme Kartı (KHK)

KHK konum hesaplanmasını, KOSMO modüllerinin mesafe ölçmesini ve kimlik okunmasını, ve gezici platformun yönünün bulunmasını sağlamaktadır. KHK için geliştirilen algoritmaların gerçekleşmesi için bu kart ile on altı adet KOSMO modülünü çalıştıracak şekilde tasarlanmıştır. KHK, mikrodenetleyici tarafından hesaplanan değerleri kablolu (seri haberleşme ve USB UART kartı) veya kablosuz (bluetooth kablosuz haberleşme) olarak bilgisayara gönderebilme özelliğine sahiptir. Şekil 3.17'de KHK a. dip prototipi – b. blok şeması verilmektedir.



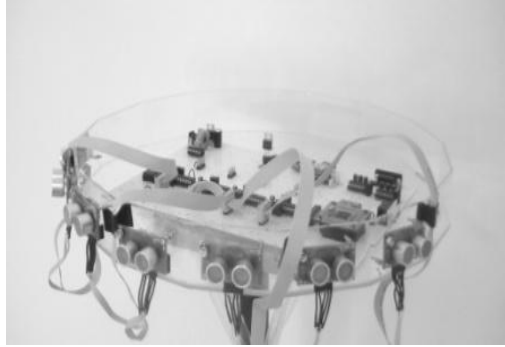
a



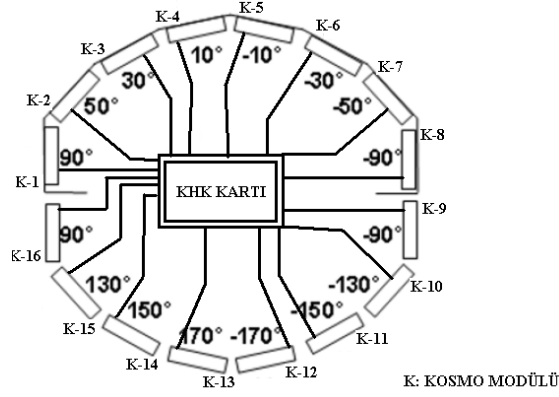
b

Şekil 3.17 KHK: a.Dip prototipi, b. Blok Şeması

Uygulamada KHK'nin KOSMO modülleri ile bağlantılı çalışması gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 3.18 ile verilen test platformu geliştirilmiştir. KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki geometrik yerleşimine bu modüllerde bulunan alıcı ve vericilerin hüzme açıları dikkate alınarak karar verilmiştir. Bu alıcı ve vericilerin toplam hüzme açısı 55° 'dir. Geliştirilen test platformu 21.4 cm yarıçaplı daire şeklinde olup, bu platformda KOSMO modülleri aralarında 22.5° açı yapacak şekilde gezici platform üzerine yerleştirilmeleri gerekir. Bu ise toplamda 16 adet KOSMO modülü gerektirmektedir. Konumlandırma ve yön bulma için kimlik bilgisinin okunması gerektiğinden gezici platformun bir yüzünün KOSMO modülleri ile donatılıp bu yüzdeki modüllerin SKY-2 modüllerinden kimlik bilgisi okuması sağlandığında gerçekleştirilen konumlandırma ve yön bulma algoritmaları, 16 adet KOSMO modülü gezici platform üzerine yerleştirildiğinde gerçekleştirilen algoritmalar ile aynıdır. Bu nedenden dolayı sistem için yapılan fonksiyonel testlerde gezici platformun ön yüzüne 9 adet KOSMO modülü yerleştirilmiştir. Şekil 3.19 da KHK ile KOSMO modüllerinin bağlantı yapısı verilmektedir.



Şekil 3.18 Test Amaçlı Kullanılan Gezici Platform ve KOSMO Modüllerinin Yerleşimi

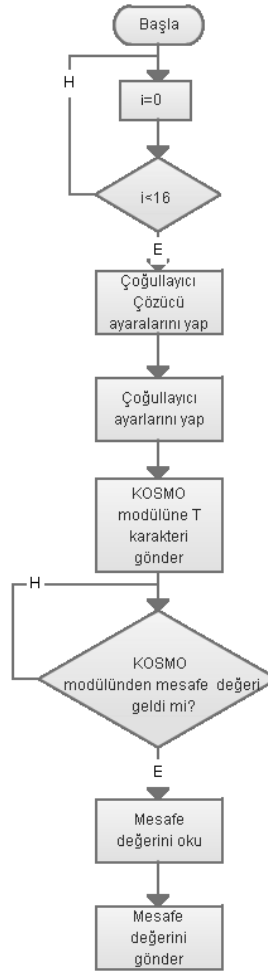


Şekil 3.19 KHK Modülü ile KOSMO Modülleri Bağlantı Yapısı

KHK'da konum hesabının ve yön bulunmasının gerçekleştirilmesi için hazırlanan algoritmalarda ses hızı hesaplanmakta, KOSMO modüllerinin sırasıyla mesafe ölçmesi ve kimlik okuması sağlanmaktadır.

i. Ses Hızının Hesaplanması: Ses hızının hesaplanması için mikrodenetleyicinin analog pinlerinden biri KHK'da bulunan sıcaklık sensörüne bağlıdır. Sıcaklık sensörünün okuduğu sıcaklık değeri mikrodenetleyici tarafından santigrada çevrilmektedir. Bulunan sıcaklık değeri ile ses hızı hesaplanmaktadır.

ii. Mesafe Ölçme: KHK'ya bağlı bulunan bütün KOSMO modüllerine mesafe ölçmeleri için gerekli çoğullayıcı çözücü ayarları yapılarak sırasıyla T karakteri gönderilmektedir. Mesafe ölçümünü gerçekleyen KOSMO modülü gerekli çoğullayıcı ayarları gerçekleştikten sonra KHK'ya bu bilginin geri dönmesini sağlamaktadır. Her bir KOSMO modülünden gelen mesafe bilgileri küçükten büyüğe sıralanmakta ve konumlandırma algoritması için en küçük çıkan değer kullanılmaktadır. Alınan bu değerler seri programlama haberleşme tekniği ile bilgisayarda gösterilmektedir. Bu algoritmanın akış diyagramı şekil 3.20'de verilmektedir.



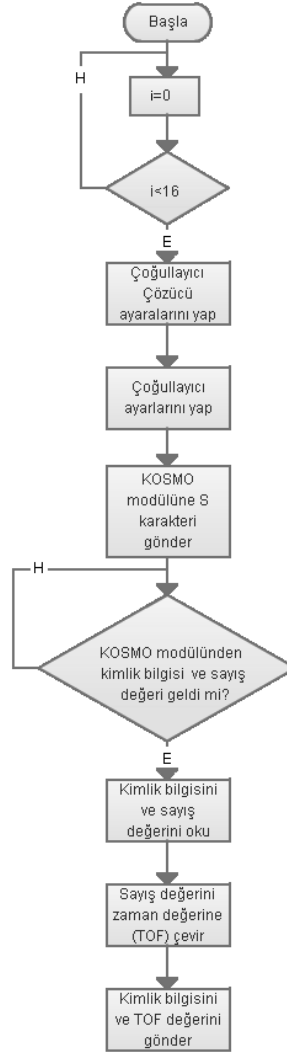
Şekil 3.20 KHK’da KOSMO Modüllerinin Mesafe Ölçmesi İçin Geliştirilen Algoritmanın Akış Diyagramı

KHK’da KOSMO modüllerinden mesafe ölçümü sağlanabilmesi için yazılımda “mesafeolcme” adlı fonksiyonu oluşturulmuştur.

iii. Kimlik Okuma: KHK’ya bağlı bulunan bütün KOSMO modüllerine kimlik okumaları için gerekli çoğullayıcı çözücü ayarları yapılarak sırasıyla S karakteri gönderilmektedir. S karakterini okuyan KOSMO modülü eşleme sinyali göndermektedir. Eşleme sinyalini okuyan SKY-2 modülleri yansılardan olacak

hatalardan dolayı belli bir süre bekleme yapmakta ve bu süreden sonra kendine ait kimlik bilgisini göndermektedir. KOSMO modülleri eşleme sinyali gönderdikten sonra kimlik bilgisi okumak için dinlemeye geçmektedir. Bu modüller kimlik bilgisini okuduğunda zamanlayıcı sayış değerini hesaplamaktadır. Okunan sayış değeri KHK'ya gönderilmekte ve KHK'da bulunan mikrogenetleyici tarafından zaman değerine çevrilmektedir. Eşleme sinyali gönderdikten sonra 100 ms içerisinde kimlik bilgisi okuyamayan KOSMO modülleri zamanlayıcı sayış değeri olarak "00000" değerini KHK'da bulunan mikrogenetleyiciye göndermektedir. Mikrogenetleyici bu değeri aldığı anda bu KOSMONun TOF değerini 60000e eşitlemektedir. Yazılımda elde edilen TOF değerleri küçükten büyüğe sıralanmaktadır. Bu nedenle 60000e eşitlenen TOF değeri diğer TOF değerlerinden büyük olduğundan dolayı bu değer işleme alınmamaktadır.

TOF değerleri ile ses hızı kullanılarak KOSMO modüllerinin kimlik bilgisini okuduğu SKY-2 modülüne olan uzaklıkları hesaplanmaktadır. Elde edilen bu mesafe değerleri de küçükten büyüğe sıralanmaktadır. KOSMO modüllerinin elde ettiği zamanlayıcı sayış değerleri ve kimlik bilgileri seri programlama haberleşme tekniği ile bilgisayarda gösterilmektedir. Bu algoritmanın akış diyagramı şekil 3.21'de verilmektedir.



Şekil 3.21 KHK’da KOSMO Modüllerinin Kimlik Okuması İçin Geliştirilen Algoritmanın Akış Diyagramı

KHKda KOSMO modüllerinden kimlik okunmasının sağlanabilmesi için yazılımda “kimlikokuma” adlı fonksiyon oluşturulmuştur.

3.2. Konum Hesaplanması

SKYMOS’da konum hesaplaması için üçgenleme yöntemi kullanılmaktadır.

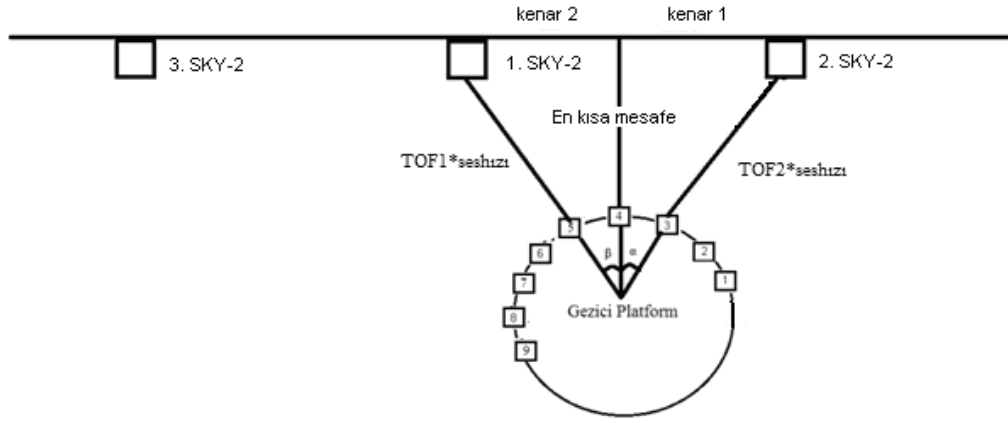
Konum hesaplamada SKYMOS sisteminde kullanılan akış Şekil 3.22 ile verilmektedir. Burada, sırasıyla sıcaklığa göre ses hızı hesaplanmakta, KOSMO modülleri tarafından mesafe ölçülmekte, SKY-2 modülleri tarafından yayınlanan kimlik bilgileri okunmakta ve konum hesaplanmaktadır.



Şekil 3.22 Konumlandırma Algoritmasının Akış Diyagramı

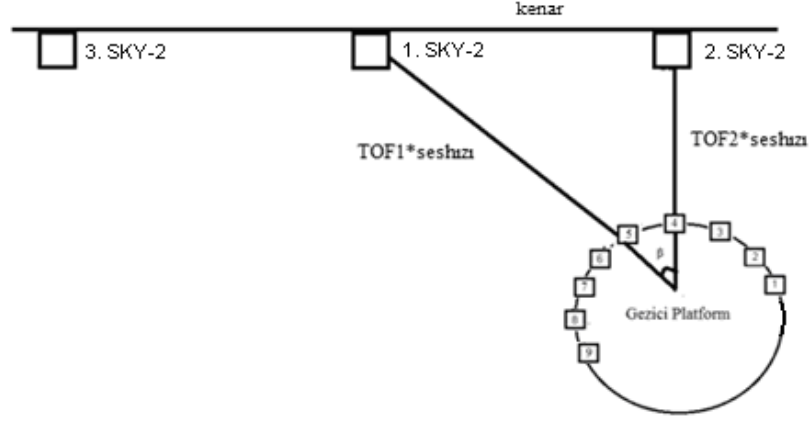
Üçgenleme yönteminde KOSMO modüllerinin mesafe ölçümü sonucunda elde edilen en kısa mesafe değeri dik kenar kabul edilmektedir. Ayrıca KOSMO modüllerinin kimlik bilgisini okuduğu SKY-2 modüllerine olan en kısa mesafe değerleri ise hipotenüs olarak kabul edilmektedir. Dik kenar ve hipotenüs arasında kalan açı sinüs kullanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu açı ve kenar değerleri kullanılarak üçgenin üçüncü kenarı hesaplanmaktadır. Hesaplanan kenar değerleri SKY-2

modüllerinin konumlarına eklenerek veya çıkartılarak gezici platformun iki farklı konumu hesaplanmaktadır. Elde edilen bu değerlerin ortalaması alınarak gezici platformun gerçek konumu bulunmaktadır. Şekil 3.23’de bu algoritmanın gösterimi verilmektedir.



Şekil 3.23 Konumlandırma İçin Geliştirilen Algoritma

Gezici platform herhangi bir SKY-2 modülünün önünde ise hesaplanan en kısa mesafe ve TOF değeri ile hesaplanan mesafe değerleri arasındaki açı sıfır çıkabilmektedir. Bu durumda kosinüs teoremi uygulanır. Örneğin, şekil 3.24’de gösterilen β açısı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3.24 Algoritmada Uygulanan Kosinüs Teoremi

$$\cos \beta = \frac{(TOF2xseshızı)^2 + (y_{1.SKY-2} - y_{2.SKY-2})^2 x (TOF1xseshızı)^2}{2x(TOF2xseshızı)x(y_{1.SKY-2} - y_{2.SKY-2})} \quad (3.1)$$

TOF1=1. SKY-2 den okunan en küçük TOF değeri

TOF2=2. SKY-2 den okunan en küçük TOF değeri

Elde edilen β açısı kullanılarak kenar değeri hesaplanmaktadır ve bulunan bu değer 2. SKY-2 konumuna eklenerek konum hesaplaması gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, KOSMO modüllerinin ölçtüğü en kısa mesafe değeri ve 1 kimlik bilgisinin okunduğu en küçük TOF değeri ile hesaplanan mesafe değeri kullanılarak bu iki kenar arasında kalan açı hesaplanmakta ve bu açı kullanılarak gezici platformun 1. SKY-2 modülüne olan uzaklığı hesaplanmaktadır. Elde edilen uzaklık değeri 1. SKY-2 modülünün konumundan çıkartılarak başka bir konum değeri hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu iki konum değerinin ortalaması alınarak gezici platformun y eksenindeki konumu elde edilmektedir. Geliştirilen bu algoritma açı değerinin sıfır olduğu diğer durumlar için de uygulanmaktadır.

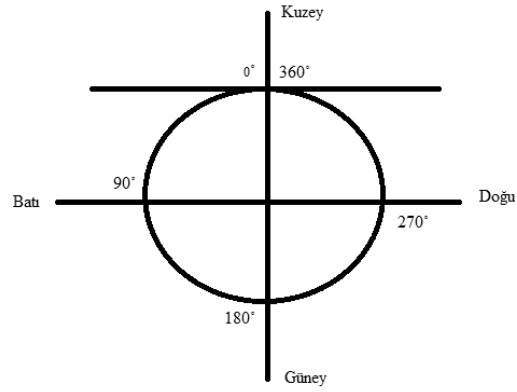
Konum hesaplamasında gezici platformun x eksenindeki konumu ise duvara göre en kısa mesafeye sahip olan KOSMO modülünün mesafe değerine gezici platformun yarıçapı eklenerek bulunmaktadır.

3.3. Yön Bulma

Yön bulma için geliştirilen algorithmada öncelikle KOSMO modüllerinin yönleri (Bknz: Çizelge 3.2) hesaplanmış ve bu değerler geliştirilen arayüz yazılımı yardımı ile (Bknz: Bölüm 3.4) KHK'ya gönderilmiştir. Çizelge 3.2'de gösterilen yön değerleri hesaplanırken 8 nolu KOSMO modülü referans olarak kabul edilmiş ve bu KOSMO modülünden sonra gelen modüllerin yönleri kendinden önceki KOSMO modülünün yönüne 22.5° eklenerek bulunmuştur.

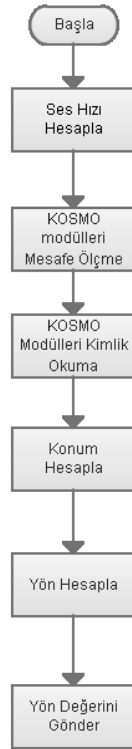
Çizelge 3.2 KOSMO Modüllerinin Yönleri

KOSMO No:	KOSMO Modüllerinin Yönleri
1. KOSMO	157.5°
2. KOSMO	135°
3. KOSMO	112.5°
4. KOSMO	90°
5. KOSMO	67.5°
6. KOSMO	45°
7. KOSMO	22.5°
8. KOSMO	0°
9. KOSMO	337.5°
10. KOSMO	315°
11. KOSMO	292.5°
12. KOSMO	270°
13. KOSMO	247.5°
14. KOSMO	225°
15. KOSMO	202.5°
16. KOSMO	180°



Şekil 3.26 Gezici Platformun Yönünün Hesaplanması

Yön bulma algoritmasının akış diyagramı şekil 3.27’de verilmektedir.



Şekil 3.27 Yön Bulma Algoritması Akış Diyagramı

3.4. Kullanıcı Arayüzü

KHK'nın desteklediği fonksiyonların kullanıcı tarafından bilgisayarda çalıştırılması için C++ programlama dilinde Şekil 3.28 ile verilen arayüz hazırlanmıştır. Arayüz için geliştirilen KHK yazılımı, akış şeması göz önünde bulundurularak fonksiyonlara bölünmüştür. Bu fonksiyonların işlevleri ve bu fonksiyonların kullanılabilmesi için hazırlanan komut seti Ek-A da verilmektedir.

```

Port Numarasini Girin (Or. COM4):com4

Baud Rate Girin (Or. 9600):57600

InSeriAygit::open: Successfully opened and configured serial port.
Port Acildi...

Konum Bilgisi Almak icin ----- 1
Kimlik Bilgisi Almak icin ----- 2
Konum Kimlik Bilgilerini Gonder ----- 3
Konum Yon Bilgilerini S3rekli Gonder ----- 4
Mesafe Bilgilerini Almak icin ----- 5
Konum Kimlik Mesafe TOF Bilgileri icin ----- 6
Konum Yon Kimlik Bilgileri icin ----- 7

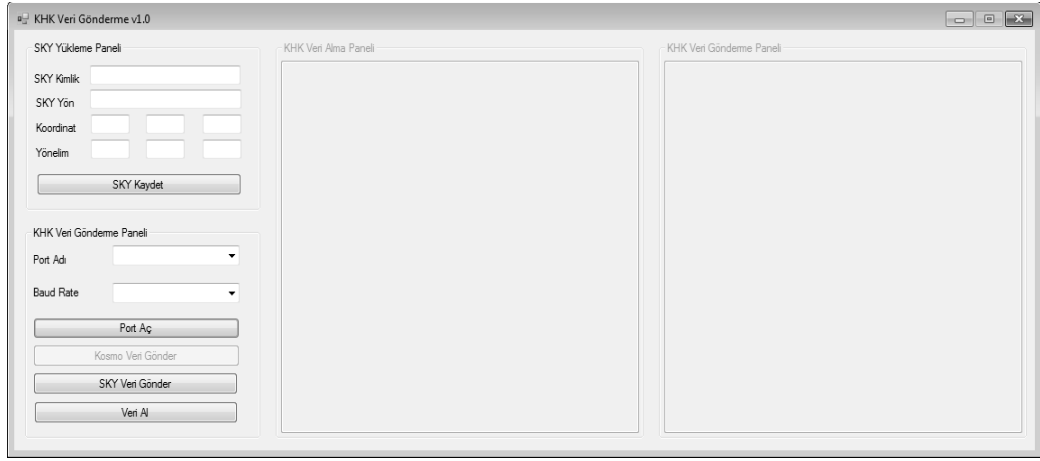
Yapmak istediginiz islem icin ''1 ve 7 arasında'' bir tusa basin:

```

Şekil 3.28 C++ Programlama Dilinde Hazırlanan Arayüz

Vericilerin konum bilgilerinin ve KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konum (Bknz: Çizelge 3.3) ve yön bilgilerinin KHK'da bulunan mikrodenetleyici tarafından kaydedilmesi için yazılım geliştirilmiştir. Çizelge 3.3'de gösterilen konum değerleri hesaplanırken çapı 420 mm olan gezici platformun orta noktası orijin olarak kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalar gezici platformun yönü 0° olduğunda gerçekleşmiş ve 16 nolu KOSMO modülünün yönü +y, 12 nolu KOSMO modülünün yönü +x olarak kabul edilmiştir (Bknz: Şekil 3.29).

KHK'da konumların ve yönlerin kaydedilmesi için geliştirilen yazılımda 7 fonksiyon bulunmaktadır. Bu fonksiyonların işlevleri Ek -A'da verilmektedir. Vericilerin konumları ve alıcıların konum ve yönleri C# programlama dilinde hazırlanan arayüz (Bknz: Şekil 3.30) yardımı ile KHK'da bulunan mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Vericilerin konumları değişebildiği için bu konumlar arayüz yazılımı ile elle girilebilmektedir ancak KOSMO'ların konumları sabittir ve geliştirilen arayüz yazılımında bu konumlar kaydedilmiştir.

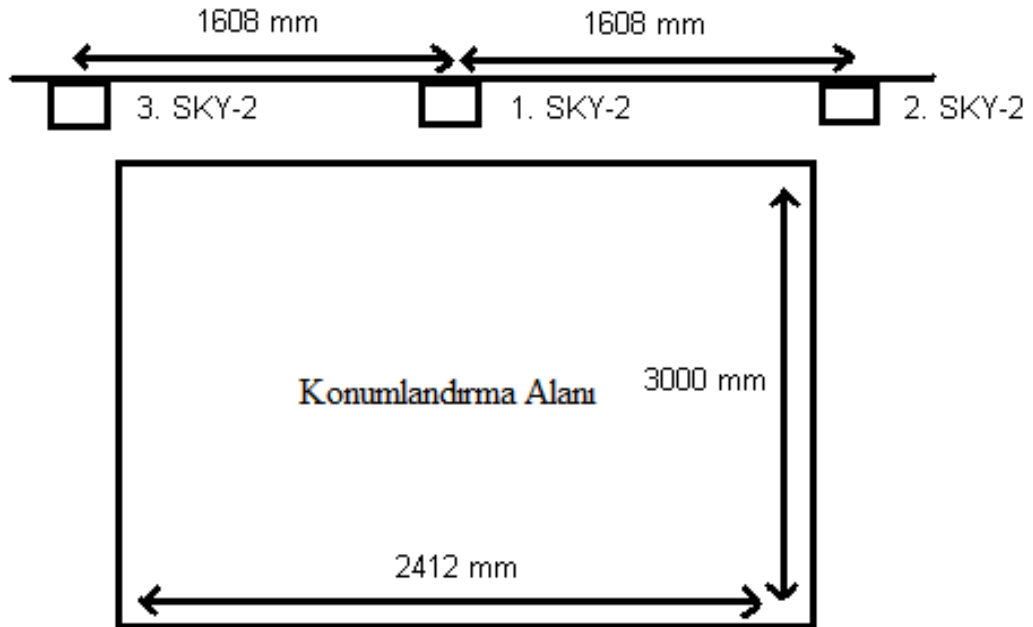


Şekil 3.30 C# Programlama Dilinde Hazırlanan Arayüz

BÖLÜM 4

SİSTEM TESTLERİ

Tez kapsamında SKYMOS’da mesafe ölçme, konumlandırma ve yön bulma ile ilgili testler yapılmıştır. Test amaçlı geliştirilen platforma KHK kartı ile bağlantılı üzerinde 9 KOSMO yerleştirilmiş, 8 nolu KOSMO nun olduğu yön ise 0 derece olarak kabul edilmiştir. Test ortamındaki duvara 3 adet SKY-2 yerleştirilmiş olup bu modüller aralarında 1608 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Test yapılan alan ise 3000mm x 2412 mmlik dikdörtgensel bir alandır. SKY-2 modülleri ve gezici platform üzerinde bulunan KOSMO modülleri yerden 1150 mm yukarıda bulunmaktadır. Şekil 4.1’de test ortamı benzetimi ve Şekil 4.2’de test ortamı verilmektedir.



Şekil 4.1 Test Ortamı Benzetimi

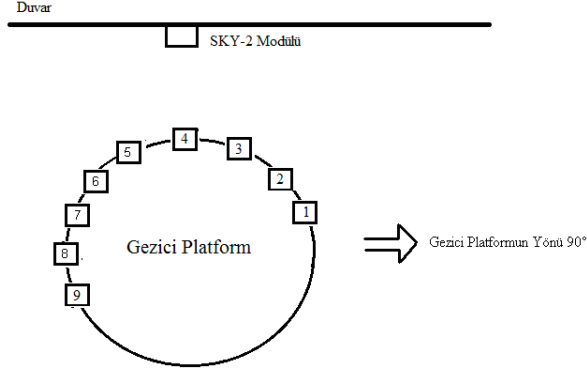


Şekil 4.2 Test Ortamı

4.1. Mesafe Ölçüm Testleri

Şekil 3.21 ve Şekil 3.26’da verilen konum hesaplama ve yön bulma akış diyagramları KOSMO modüllerinin mesafe ölçme fonksiyonunu içermektedir. Mesafe ölçme sonucunda çıkan değerler hassas bir şekilde konum ve yön hesaplanması için kullanıldığından KHK kullanılarak bu alanda da testler yapılmıştır. Yapılan bu testlerde gezici platform üzerinde bulunan her bir KOSMO modülüne T karakteri gönderilerek bu modüllerin mesafe ölçmeleri sağlanmıştır. Elde edilen değerler KHK’ya gönderilmiştir. Yapılan bu test konumlandırma için belirlenen alan içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de gezici platformun yönü 90° olduğunda (Bknz: Şekil 4.3) belli koordinatlarda alınan mesafe değerleri gösterilmektedir. Bu durumda en kısa ve en doğru mesafeyi ölçen KOSMO modülü 4 nolu KOSMO modülüdür. Elde edilen bu değerlere gezici platformun yarıçapı (214 mm) eklenmemiştir. Bu modülün ölçtüğü mesafe değerine gezici platformun yarıçapı eklendiğinde gezici platformun x eksenindeki konuma yaklaşık bir değer çıkmaktadır.

Örnek: Çizelge 4.1’de $x = 757$, $y = 4020$ noktasında 4 nolu KOSMO modülü tarafından elde edilen mesafe değeri 527 mm’dir. Gezici platformun yarıçapı eklendiğinde bu değer $527+214=741$ mm olmaktadır.

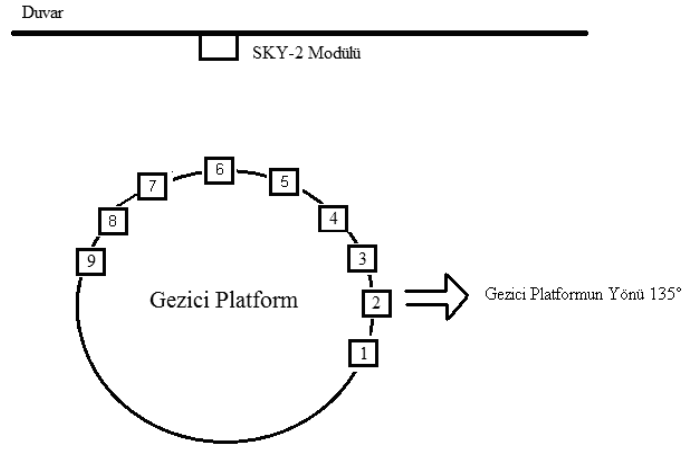


Şekil 4.3 Gezici Platformun Yönünün 90° olması

Çizelge 4.1 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri

1.KO SMO	2.KO SMO	3.KO SMO	4.KO SMO	5.KO SMO	6.KO SMO	7.KO SMO	8.KO SMO	9.KO SMO	Gerçek Konum (mm)
1545/543	1703/543	581/543	538/543	556/543	0/543	0/543	0/5628	3200/3216	X=757, Y=3216
1962/543	2102/543	582/543	541/543	559/543	0/543	0/543	0/5226	3609/3618	X=757, Y=3618
2346/543	0/543	574/543	527/543	548/543	0/543	0/543	4780/4824	4003/4020	X=757, Y=4020
2755/543	0/543	598/543	545/543	555/543	0/543	0/543	4372/4422	4430/4422	X=757, Y=4422
3157/543	0/543	594/543	540/543	555/543	0/543	0/543	3995/4020	4815/4824	X=757, Y=4824
0/543	0/543	584/543	548/543	571/543	0/543	0/543	3560/3618	0/5226	X=757, Y=5226
4006/543	0/543	609/543	562/543	583/543	0/543	0/543	3187/3216	0/5628	X=757, Y=5628
Ölçülen Mesafe Değerleri (Ölçülen Değer/Gerçek Değer)(mm)									

Yapılan diğer bir testte gezici platformun yönü 135° olacak Şekilde ayarlanmış (Bknz: Şekil 4.4) ve her bir KOSMO modülünün mesafe ölçmesi sağlanmıştır (Bknz: Çizelge 4.2). Yapılan bu testte 4 nolu KOSMO modülünün mesafe olarak 0 değerini elde ettiği görülmüştür. Duvara dik bakan KOSMO modülü 6 nolu KOSMO modülüdür ve bu modül en kısa ve en doğru mesafeyi vermektedir.

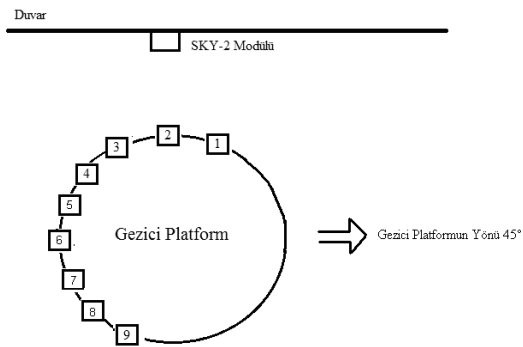


Şekil 4.4 Gezici Platformun Yönünün 135° olması

Çizelge 4.2 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri

1.KO SMO	2.KO SMO	3.KO SMO	4.KO SMO	5.KO SMO	6.KO SMO	7.KO SMO	8.KO SMO	9.KO SMO	Gerçek Konum (mm)
0/321 6	3505/ 3216	0/543	0/543	567/5 43	544/5 43	669/5 43	0/543	0/321 6	X=757, Y=3216
0/361 8	3927/ 3618	0/543	0/543	578/5 43	545/5 43	573/5 43	0/543	0/361 8	X=757, Y=3618
0/402 0	4336/ 4020	0/543	0/543	564/5 43	546/5 43	669/5 43	0/543	0/402 0	X=757, Y=4020
0/442 2	4744/ 4422	0/543	0/543	669/5 43	553/5 43	567/5 43	0/543	0/442 2	X=757, Y=4422
0/482 4	0/482 4	0/543	0/543	669/5 43	536/5 43	559/5 43	4033/ 543	0/482 4	X=757, Y=4824
0/522 6	2604/ 5226	0/543	0/543	569/5 43	536/5 43	564/5 43	0/543	0/522 6	X=757, Y=5226
0/562 8	0/562 8	0/543	0/543	669/5 43	539/5 43	552/5 43	0/543	0/562 8	X=757, Y=5628
Ölçülen Mesafe Değerleri (Ölçülen Değer/Gerçek Değer)(mm)									

Yukarıda açıklanan test gezici platformun yönü 45° olduğunda tekrar edilmiştir (Bknz: Şekil 4.5 ve Çizelge 4.3). Yapılan bu test sonucu en kısa ve en doğru mesafeyi veren KOSMO modülünün duvara dik bakan 2 nolu KOSMO modülü olduğu görülmüştür.

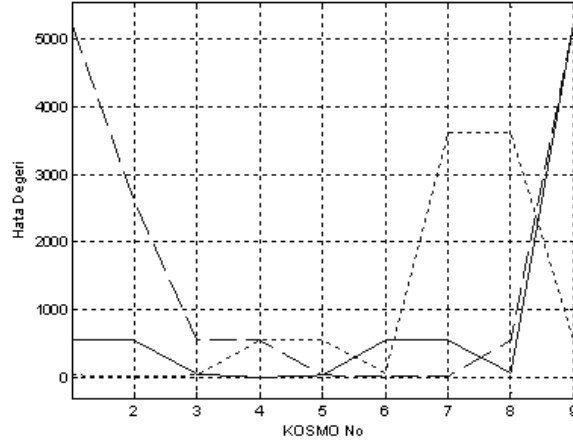


Şekil 4.5 Gezici Platformun Yönünün 45° olması

Çizelge 4.3 Gezici Platformun Yönü 45° Olduğunda Elde Edilen Mesafe Değerleri

1.KO SMO	2.KO SMO	3.KO SMO	4.KO SMO	5.KO SMO	6.KO SMO	7.KO SMO	8.KO SMO	9.KO SMO	Gerçek Konum (mm)
603/5 43	560/5 43	586/5 43	0/543	0/543	0/562 8	0/562 8	0/562 8	0/543	X=757, Y=3216
603/5 43	560/5 43	585/5 43	0/543	0/543	0/522 6	0/522 6	0/522 6	4322/ 543	X=757, Y=3618
596/5 43	558/5 43	584/5 43	0/543	0/543	0/482 4	0/482 4	0/482 4	0/543	X=757, Y=4020
669/5 43	556/5 43	584/5 43	0/543	0/543	4355/ 4422	0/442 2	0/442 2	0/543	X=757, Y=4422
583/5 43	553/5 43	585/5 43	4018/ 543	0/543	0/402 0	0/402 0	0/402 0	0/543	X=757, Y=4824
582/5 43	551/5 43	579/5 43	0/543	0/543	3550/ 3618	0/361 8	0/361 8	0/543	X=757, Y=5226
592/5 43	553/5 43	578/5 43	0/543	0/543	3145/ 3216	0/321 6	0/321 6	0/543	X=757, Y=5628
Ölçülen Mesafe Değerleri (Ölçülen Değer/Gerçek Değer)(mm)									

$x=757$, $y=5226$ noktası için KOSMO modülleri noları ve mesafe ölçümü sonucunda elde ettikleri hata değerleri Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Bu şekilde hata değerleri gezici platformun yönü 90° olduğunda düz çizgi ile 135° olduğunda kesikli çizgi ile ve 45° olduğunda noktalı bir şekilde gösterilmiştir. Bu şekil incelendiğinde duvara dik bakan KOSMO modüllerinin ölçtüğü mesafe değerindeki hata değerinin en az olduğu görülmektedir. Ayrıca bu modüllerin elde ettiği mesafe değerleri gezici platformun duvara olan mesafesini en doğru şekilde veren değerlerdir. Duvara dik bakan KOSMO modülünün her iki yanında bulunan KOSMO modüllerinin ölçtüğü değerler bu modülünün ölçtüğü değere yakın bir değer vermektedir. Ancak bu modüllerin hata değerleri daha büyüktür. Duvara dik bakan KOSMO modülü dışında kalan diğer KOSMO modülleri tarafından mesafe ölçmek için gönderilen palslar duvara dik bir şekilde bakmadıkları için çevreye yayılmakta ve bu modüller tarafından alınmaları gecikmektedir. Bu da alınan mesafe değerlerindeki hata değerlerinin yüksek çıkmasını sağlamaktadır. Gönderilen palsların geri alınmaması sonucunda ise KOSMO modülü mesafe olarak 0 değerini elde etmektedir.



Şekil 4.6 x=757, y=5226 Noktasında Elde Edilen Mesafe Ölçüm Hata Değerleri

Yapılan mesafe testleri konumlandırma testinin yapıldığı alandaki bütün noktalar için yapılmıştır. Elde edilen en kısa ve en doğru mesafe değeri konumlandırmada kullanılarak konum değerlerinde elde edilen hata değerinin az çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle en kısa mesafeye sahip olan KOSMO modülünün (duvara dik bakan KOSMO modülü) mesafe değerine (0 değeri hariç) gezici platformun yarıçapı eklenerek gezici platformun x eksenindeki konumu elde edilmekte ve bu değer gezici platformun y ekseninin bulunmasında kullanılan üçgenleme yönteminde üçgenin bir kenarı olarak kabul edilmektedir.

4.2. Konum Hesaplama Testleri

Üçgenleme yöntemi kullanılarak yapılan konumlandırma testlerinde gezici platformun yönü 90° , 135° , 45° olduğunda konum değerleri alınmıştır. Yapılan bu testler ile ilgili detaylı açıklamalar takip eden bölümde verilmektedir.

Test1: Gezici Platformun Yönü 90° olduğunda Yapılan Konumlandırma Testi:

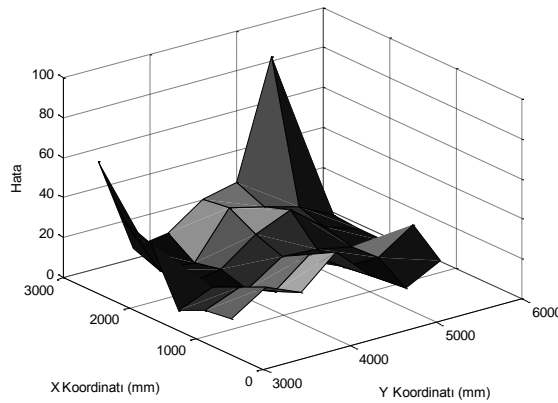
Yapılan bu uygulamada gezici platformun yönü 90° olduğunda konum değerleri elde

edilmiştir. Teste başlamadan önce SKY-2 modüllerinin ortamdaki konumları ve KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konumları geliştirilen arayüz yazılımı ile KHK'ya aktarılmıştır.

Yapılan konumlandırma testinde gezici platformun yönü 90° olduğunda tek ölçüm sonucunda elde edilen hata değerleri Çizelge 4.4 ve hata dağılımları Şekil 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.4 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Değerleri

							X eksenini (mm)
12	3	14	30	15	22	11	757
24	12	12	23	9	16	9	1159
9	11	15	16	4	10	3	1561
9	15	28	21	8	5	30	1963
10	19	24	28	5	6	35	2365
37	88	30	26	14	11	59	2767
5628	5226	4824	4422	4020	3618	3216	Y eksenini (mm)



Şekil 4.7 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı

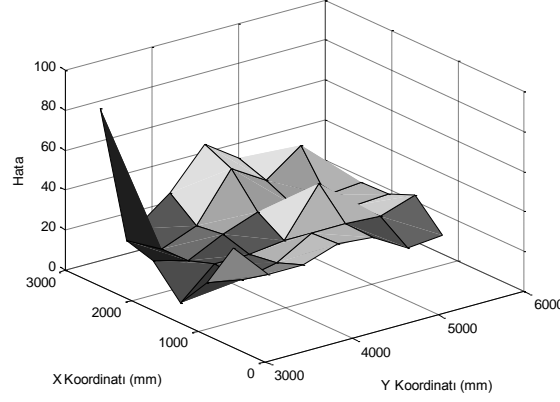
Yapılan bu test sonucunda konumlandırma için karekök hata değerinin en fazla 88 mm olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuç, tezde hedeflenen 10 cm hata payı ile konum hesaplanması koşulunun sağlandığını göstermektedir.

Test2: Gezici Platformun Yönü 135° olduğunda Yapılan Konumlandırma Testi:

Yapılan bu uygulamada test koşulları bir önceki test koşulları ile aynıdır. Ancak bu uygulamada gezici platformun yönü 135° olarak ayarlanmıştır. Geliştirilen arayüz yazılımı yardımı ile SKY-2 modüllerinin ortamdaki konumları ve KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konumları KHK'ya aktarılmıştır. Yukarıda koşulları belirlenen bu uygulamada tek ölçüm sonucunda elde edilen hata değerleri Çizelge 4.5 ve hata dağılımları Şekil 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.5 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Karekök Hata Değerleri

							X eksenini (mm)
21	19	29	31	25	25	43	757
35	29	30	30	20	16	19	1159
29	28	44	20	18	18	3	1561
29	27	27	28	22	13	18	1963
15	46	33	44	20	13	22	2365
24	22	38	50	30	17	82	2767
5628	5226	4824	4422	4020	3618	3216	Y eksenini (mm)



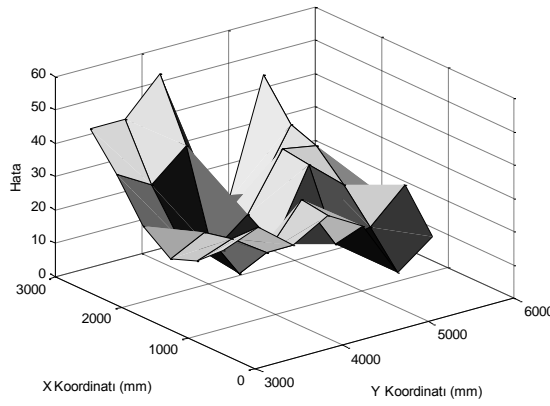
Şekil 4.8 Gezici Platformun Yönü 135° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı

Yapılan bu test sonucunda konumlandırma için karekök hata değerinin en fazla 82 mm olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar tezde hedeflenen 10 cm hata payı ile konum hesaplanması koşulunun KOSMO modülünün yönüne bağlı olmadan sağlandığını göstermektedir.

Test3: Gezici Platformun Yönü 45° olduğunda Yapılan Konumlandırma Testi: Bu testte bir önceki test koşullarının aynısı sağlanmıştır. Uygulamada gezici platformun yönü 45° 'dir. Bir önceki testlerde olduğu gibi SKY-2 modüllerinin ortamdaki konumları ve KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konumları KHK'ya aktarılmıştır. Bu uygulama için tek ölçüm sonucunda elde edilen hata değerleri Çizelge 4.6 ve hata dağılımları Şekil 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4.6 Gezici Platformun Yönü 45° Olduğunda Karekök Hata Değerleri

							X eksenini (mm)
14	6	23	29	23	31	27	757
26	16	14	30	17	24	20	1159
20	25	34	13	7	22	17	1561
16	33	35	18	10	17	23	1963
7	36	18	13	38	29	35	2365
18	47	12	16	56	45	45	2767
5628	5226	4824	4422	4020	3618	3216	Y eksenini (mm)



Şekil 4.9 Gezici Platformun Yönü 90° Olduğunda Karekök Hata Dağılımı

Yapılan bu test ve yukarıda açıklanan testler sonucunda tezde hedeflenen SKY modülüne 3 metrelik mesafede 10 cm'nin altında bir hata payı ile konum bilgisi veren SKYMOS'un gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan testler KOSMO modülünün yönünün konumlandırma için bir önem teşkil etmediğini göstermektedir.

4.3.Yön Bulma Testleri

Yön bulma için yapılan testlerde öncelikle geliştirilen arayüz yardımı ile KOSMO modüllerinin yönleri (Bknz: Bölüm 4.2.2 KHK Yazılımı) KHK'ya gönderilmiştir. Çizelge 4.7'de gezici platform 1. SKY-2 modülünün önünde olduğunda gezici platformun konumu ve KOSMO modülleri sırası ile duvara dik olarak baktığında elde edilen yön değerleri verilmektedir. Verilen yön değerlerinde tam çıkmayan değerler (Örnek:112.5) bir üst tam sayı değerine atanmıştır. 8 nolu KOSMO modülünün yönü 0° kabul edilmiştir. Bu test diğer noktalar için de yapıldığında hata değerinin 22.5°den küçük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7 Gezici Platform 1. SKY-2 Modülünün Önünde Olduğunda Elde Edilen Yön Değerleri

Gerçek Konum (mm)						
X=757, Y=4422	X=1159, Y=4422	X=1561, Y=4422	X=1963, Y=4422	X=2365, Y=4422	X=2767, Y=4422	Duvara Dik Bakan KOSMO modülü
158/158	158/158	157/158	158/158	158/158	157/158	1. KOSMO
136/135	136/135	136/135	135/135	135/135	136/135	2. KOSMO
113/113	112/113	112/113	113/113	113/113	113/113	3. KOSMO
91/90	90/90	90/90	90/90	91/90	89/90	4. KOSMO
68/68	68/68	67/68	67/68	67/68	67/68	5. KOSMO
44/45	45/45	44/45	46/45	44/45	45/45	6. KOSMO
23/23	23/23	22/23	23/23	22/23	23/23	7. KOSMO
179/180	178/180	179/180	179/180	180/180	179/180	8. KOSMO
203/203	203/203	203/203	204/203	203/203	204/203	9. KOSMO
Yön Değeri (Ölçülen Değer/Gerçek Değer)(derece)						

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar Sesüstü Konumlandırma Yapabilen Mesafe Ölçüm Sistemi (SKYMOS) geliştirilmiştir. SKYMOS'da hedeflenen mesafe ölçme ve konum hesaplama özellikleri tek bir sistemde birleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda SKY-1 modülünün saniyede 6 adet 10 bit sesüstü kimlik bilgisi gönderebilme özelliğine sahip olduğu ve bu kimliklerin KOSMO modülü tarafından okunabildiği görülmüştür. SKY-2 ise talep edildiğinde kimlik bilgisi göndermekte olup talep edildiği andan itibaren 100ms içinde kimlik bilgisi üretebilmektedir. KOSMO modülü 5cm-500cm arası 3 cm hassasiyetle mesafe ölçebilmekte ve gerektiğinde mesafe ölçüm sonuçlarını gezici birime iletmektedir. Ayrıca tezin diğer bir hedefi olan SKY modülüne 3 metrelik mesafede 10 cm hata payı ile konum bilgisi veren SKYMOS'un gerçekleştirildiği görülmüştür. Geliştirilen algoritma sayesinde SKYMOS en fazla 22.5° hata değeri ile yön hesaplamaktadır. SKY-2 ve KOSMO modüllerinin konumlarının KHK'ya yüklenebilmesi için bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir.

Bu tez kapsamında geliştirilen KOSMO lar kimlik okuma özellikleri ile günümüzdeki mesafe ölçerlerin yerini alabilecektir. Ek SKY modülleri ile konum hesaplama özelliği de sistemin önemli bir avantajıdır. KOSMO modüllerinin kimlik bilgisi okuması için geliştirilen yazılımda gereken iyileştirmeler yapıldığında konum bilgisi için güncelleme oranının daha iyi olması beklenmektedir. İleride daire kesişimi yöntemi için geliştirilebilecek algoritma ile konumlandırma hassasiyetinin daha iyi olması sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Agilent Technologies, 2001, Digital Modulation in communications systems — an introduction, Application Note 1298, 1-48.
- Bahl, P. and Padmanabhan, V. N., 2000, Enhancements to the RADAR user location and tracking system, Microsoft Corp., Technical Report, 13 p.
- Bohn, D. A., 1988, Environmental effects on the speed of sound, J. Audio Eng. Soc., 36, 9 p.
- Borenstein, J. and Koren, Y., 1995, Error eliminating rapid ultrasonic firing for mobile robot obstacle avoidance, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 11, No. 1, 7 p.
- Buckin, V. and O'Driscoll, B., 2002, Ultrasonic waves and material analysis: recent advances and future trends, Reprinted from LabPlus international, 3 p.
- Davilis, Y., and Kalis, A., 2010, On the use of ultrasonic waves as a communications medium in biosensor networks, IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine, 14, 7 p.
- Dijk, E. O., 2004, Indoor ultrasonic position estimation using a single base station, Tez Çalışması, Technische Universiteit Eindhoven, 220 p.
- EkaHau, Inc. EkaHau Positioning Engine 2.0. <http://www.ekahau.com/>, 2009
- Fazel K. and Kaiser S., 2008, Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems from OFDM and MC-CDMA to TE and WiMAX, Second Edition, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 374 p.
- Hanzo, L., Ng S.X., Keller T., and Webb W.T., 2004, Quadrature Amplitude Modulation: from basics to adaptive trellis-Coded, turbo-equalised and space-time coded OFDM, CDMA and MC-CDMA systems, IEEE, 1-1072.
- Holm, S., 2005, Airborne ultrasound data communications: the core of an indoor positioning system, 2005 IEEE Int. Ultrasonics Symp., 4 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Holm, S., Hovind, O. B., Rostad, S., and Holm, R., 2005, Indoors data communications using airborne ultrasound, 2005 IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech, Sign. Proc., 3, iii/957 - iii/960.
- Hosman, T., Yeary, M., Antonio, J. K., and Hobbs, B., 2010, Multi-Tone FSK for ultrasonic communication, Instrumentation And Measurement Technology Conference (I2MTC), 1424-1429.
- Ito, T., Sato, T., Tulathimutte, K., Sugimoto, M. and Hashizume, H., 2008, A scalable tracking system using ultrasonic communication, 3rd International Conference on Sensing Technology, 92, 1408-1416.
- Kalgaonkar, K., Hu, R. and Raj, B., 2007, Ultrasonic doppler sensor for voice activity detection, IEEE Signal Processing Letters, 14, 754-757.
- Katz, R. H., 1996, Digital modulation, University of California, 20 p.
- Keskin, B., 2010, Kablosuz ağ altyapısı kullanarak konumlandırma probleminin çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 58 p.
- Kim, B. H., Choi, J. S., Ko, S. I. and Park, M., 2006, Improved active beacon system using multi modulation of ultrasonic sensors for indoor localization, SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference, 6 p.
- Li, C., Hutchins, D. A. and Gren, R. J., 2008, Short-range ultrasonic digital communications in air, IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics and frequency control, vol. 55, no. 4, 11 p.
- Lim, H., Choi, B. and Lee, J., 2006, An efficient localization algorithm for mobile robots based on RFID system, SICE-ICASE International Joint Conference, 6 p.
- Manglani, M. J., 2001, Wavelet modulation in gaussian and rayleigh fading channels,” M.S. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, 79 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mathiopoulos, P. T., Albertazzi, G., Bithas, R., Cioni, S., Corazza, G. E., Duverdier, A., Javornik, T., Morosi, S., Neri, M., Papaharalabos, S., Ribes, A. And Sagias, N. C., 2007, Modulation technique, Information Technology Transmission Processing and Storage, 175-218.
- Nam, H., and An, S., 2007, An ultrasonic sensor based low-power acoustic modem for underwater communication in underwater wireless sensor networks, Lecture Notes In Computer Science, Volume 4809/2007, 11 p.
- Niculescu, D. and Nath, B., 2003, Ad hoc positioning system (APS) using AOA, Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, 3, 10 p.
- Özkır, T., 2010, Sesüstü tabanlı konumlandırma sisteminde gezgin araç konum hesaplama modülü tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 40 s.
- Parlaktuna, O., Bilir, T. and Yazıcı, A., 2005, Localization of a mobile robot using natural landmarks and sensor fusion, ELECO'2005 4TH International Conference On Electrical and Electronics Engineering, 4 p.
- Peng, R. and Sichitiu, M.L., 2006, Angle of arrival localization for wireless sensor network, Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 1, 9 p.
- Shumaker, J., 2009, Designing an ultrasonic modem for robotic communications, Ultrasonic Army Research Labrotory, 8 p.
- Sonitor, <http://www.sonitor.com>, 2011
- Struzak, R., 2006, Channel & modulation: basics, ICTP-ITU-URSI School on Wireless Networking for Development The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ICTP, 68 p.
- Tavakoli, H, Ahmadian, M., Zarei, Z and Zourabadi, M., 2008, Doppler effect in high speed, Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, ICTTA 2008. 3rd International Conference, 1-5.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wu, C.J. and Tsai, C.C., 2001, Localization of an autonomous mobile robot based on ultrasonic sensory information, Journal of Intelligent and RoboticSystems, 30, 3.

Yayan, U., 2012, İç ortamlar için konumlandırma sistemi geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 95 s. (yayımlanmamış).

Yazıcı, A., Yayan, U., Yucel, H., 2011, An ultrasonic based indoor positioning system ,Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 585-589.

Ek -A

KULLANICI ARAYÜZÜ İÇİN GELİŞTİRİLEN FONKSİYONLAR VE KOMUT SETİ

KHK'nın desteklediği fonksiyonların kullanıcı tarafından bilgisayarda çalıştırılması için C++ programlama dilinde hazırlanan yazılımda geliştirilen fonksiyonlar aşağıda detaylandırılmaktadır.

- **mesafeolcme():** KOSMO modüllerinin mesafe okumasını sağlamaktadır.
- **sehzihhesapla():** Ses hızının hesaplandığı fonksiyondur.
- **ilkendirme():** Tüm register/port ayarlarının yapıldığı fonksiyondur.
- **yonbul():** KHK kartının yönü bulunmaktadır.
- **kimlikokuma():** KOSMO modüllerinin kimlik bilgisi okuması için KOSMO modüllerine komut gönderilmesini ve okunan kimlik bilgilerinin seri port üzerinden gönderilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda TOF değerleri bu fonksiyon içinde hesaplanmaktadır.
- **kimlikmeskosmobul():** Okunan TOF değerlerinin küçükten büyüğe sıralanması ve bu TOF değerleri kullanılarak hesaplanan mesafe değerlerinin küçükten büyüğe sıralanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda 0 olarak okunan mesafe değerleri 30000 eşitlenmektedir.
- **konumhesapla():** Üçgenleme yöntemi kullanılarak gezici platformun konumunun bulunmasını sağlamaktadır.
- **KomutIsle():** Kullanıcı tarafından girilen değerleri alıp işler ve gerekli komuta uygun fonksiyonlarının çalıştırılmasını sağlar.

- **veriGonder():** Kullanıcı isteğine göre hangi verilerin gönderileceğe karar verilen ve karar verilen verilerin gönderildiği fonksiyondur.

KHK'nın yukarıda açıklanan fonksiyonların kullanılabilmesi için komut seti geliştirilmiştir. Kullanıcı için Microsoft Visual Studio 2010 platformu C++ dilinde bu komut setini kullanmaya imkan sağlayan (DOS ortamında) bir bilgisayar arayüzü (KHKOperator yazılımı) hazırlanmıştır. KHKOperator yazılımı için hazırlanan komut seti aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır.

- **Konum ve TOF Hesapla, Kimlik Bilgisi Oku ve Mesafe Ölç:** KHK'nın bulunduğu konumun hesaplanmasını, KOSMO modüllerinin gönderdiği zamanlayıcı sayı değerlerinin TOF değerlerine dönüştürülmesini, SKY-2 modülünden yayınlanan kimlik bilgisinin okunmasını ve KOSMO modülleri tarafından mesafe okunmasını sağlamaktadır.
- **Kimlik Bilgisi Oku:** SKY-2 modülünden yayınlanan kimlik bilgisinin okunmasını sağlamaktadır.
- **Konum Hesapla, Yön Bul ve Kimlik Bilgisi Oku:** KHK'nın bulunduğu konumun ve yönünün hesaplanmasını ve SKY-2 modülünden yayınlanan kimlik bilgisinin okunmasını gerçekleştirmektedir.
- **Konum Hesapla ve Kimlik Bilgisi Oku:** KHK'nın bulunduğu konumu hesaplamasını ve SKY-2 modülünden yayınlanan kimlik bilgisinin okunmasını sağlar.
- **Mesafe Ölç:** KOSMO modülleri tarafından mesafe ölçülmesini gerçekleştirir.
- **Konum Hesapla ve Yön Bul:** KHK'nın bulunduğu konumu ve KHK'nın yönünü hesaplar.
- **Konum Bul:** KHK'nın bulunduğu konumu hesaplamasını gerçekleştirir.

KHK'ya vericilerin konum bilgilerinin ve KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konumlarının ve yönlerinin kaydedilmesi için geliştirilen yazılımda “StatikVeriAl”, “StatikVeriIsle”, “StatikVeriCozumle”, “StatikVeriYukle”, “StatikVeriCagir”, “StatikVeriDoldur”, “StatikVeriGonder” olmak üzere 7 fonksiyon bulunmaktadır. Bu fonksiyonların işlevleri:

- **StatikVeriAl():** Seri port üzerinden gelen SKY-2 modüllerinin verilerinin okunmasını sağlamaktadır.
- **StatikVeriIsle():** StatikVeriAl fonksiyonu tarafından okunan verilerin ayrıştırılmasının yapıldığı fonksiyondur.
- **StatikVeriCozumle():** StatikVeriIsle fonksiyonunda ayrıştırılan verilerin ROM da saklanabilmesi ve algoritmalarda kullanılması için gerekli veri tiplerine dönüştürüldüğü fonksiyondur.
- **StatikVeriYukle():** StatikVeriCozumle fonksiyonunda çözümlenen verilerin mikrodenetleyici içerisinde saklanabilmesi için bu verilerin ROM'a yazılmalarının gerçekleştirildiği fonksiyondur.
- **verial():** Seri port üzerinden gelen KOSMO modüllerinin verilerinin okunmasını sağlamaktadır.
- **veriisle():** verial fonksiyonu tarafından okunan verilerin ayrıştırılmasının yapıldığı fonksiyondur.
- **vericozumle():** veriisle fonksiyonunda ayrıştırılan verilerin ROM da saklanabilmesi ve algoritmalarda kullanılması için gerekli veri tiplerine dönüştürüldüğü fonksiyondur.
- **veriyukle():** vericozumle fonksiyonunda çözümlenen verilerin mikrodenetleyici içerisinde saklanabilmesi için bu verilerin ROM'a yazılmalarının gerçekleştirildiği fonksiyondur.
- **StatikVeriCagir():** StatikVeriYukle fonksiyonu tarafından ROM'a yazılan verilerin ROM'dan tekrar okunmasıdır.

Yukarıda maddelendirilmiş özellikler için oluşturulmuş komut seti aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

- **Statik Veri Yükle:** SKY-2 modüllerinin konum, kimlik yön bilgileri mikrogenetleyicinin ROMuna yazar.
- **Veri Yükle:** KOSMO modüllerinin gezici platform üzerindeki konum, yön, kimlik ve yönelim bilgilerini mikrogenetleyicinin ROMuna yazar.
- **Statik Veri Çağır:** KHK ilk açıldığında ROM'daki statik verileri RAM'deki ilgili değişkene aktarır.