

Sesüstü Tabanlı Konumlandırma Sisteminde
Gezgin Araç Konum Hesaplama Modülü Tasarımı

Taha Özkır

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik – Elektronik Mühendisliğı Anabilim Dalı

Mart 2010

Design of Mobile Vehicle Position Calculation Unit
for Ultrasonic Positioning System

Taha Özkır

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Electical – Electronics Engineering

March 2010

Sesüstü Tabanlı Konumlandırma Sisteminde
Gezgin Araç Konum Hesaplama Modülü Tasarımı

Taha Özkır

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

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Rifat EDİZKAN

Y.Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAZICI

Mart 2010

ONAY

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Taha Özkır'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Sesüstü Tabanlı Konumlandırma Sisteminde Gezgın Araç Konum Hesaplama Modülü Tasarımı” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Rifat EDİZKAN

İkinci Danışman : Yrd.Doç.Dr. Ahmet YAZICI

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd.Doç.Dr. Rifat EDİZKAN

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet YAZICI

Üye : Doç.Dr. Osman PARLAKTUNA

Üye : Yrd.Doç.Dr. Metin ÖZKAN

Üye : Yrd.Doç.Dr. Atakan DOĞAN

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

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu proje ile küresel konumlandırma sistemlerinin çalışmadığı kapalı, iç ortamlar için, sesüstü tabanlı konumlandırma sistemi geliştirilmiştir.

Konum tespiti, hava/kara/deniz araçları, otomasyon sistemleri, sağlık gibi sektörlerde cihaz ve personel takibi, robotik uygulamaları, algılayıcı ağları gibi geniş yelpazede ve farklı uygulama alanlarında temel ihtiyaçlardan biridir. Açık alanlarda neredeyse standart haline gelmiş GPS, GLONASS vb. uydu tabanlı konumlandırma sistemleri bulunmakla beraber, bu sistemler bina, hangar gibi kapalı alanlarda çalışmamaktadır. Bu tip iç ortamlarda, konum tespiti için çeşitli yöntemler geliştirilmiş olmasına rağmen bu yöntemler yeterince hassas ve ekonomik çözümler değildir. Bu konuda araştırmalar devam etmektedir.

Tez çalışmasında, öncelikle, genel olarak konumlandırma sistemleri hakkında bilgi verilmiş, günümüzde kullanılan küresel konumlandırma sistemleri ve küresel konumlandırma sistemlerinin çalışmadığı kapalı ortamlardaki konumlandırma çözümleri incelenmiştir. Bu incelemeler temel alınarak, sesüstü sinyal ve kızılötesi sinyalin birlikte kullanılmasıyla, kapalı alanlarda konum tespiti yapabilecek sistem tasarlanmıştır. Sistemin 2x2 metrelik test alanında ± 2 cm doğrulukla konumlandırma yapabilmektedir. Tezde, ölçüm hatalarının nedenleri ve yapılabilecek iyileştirmeler değerlendirilmiş ve sistemin uygulamaları alanları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sesüstü konumlandırma, üçgenleme, uçuş süresi, iç ortam konumlandırma, gerçek zamanlı konumlandırma sistemi

SUMMARY

In this project, an ultrasonic based positioning system was developed for indoor areas at which Global Navigation Satellite Systems do not work.

Position measurement is one of the basic needs in wide range of application areas such as air/land/marine vehicles, automation systems, equipment and personal tracking in medical areas, robotics applications and sensor networks. Although Global Navigation Satellite Systems like GPS, GLONASS etc. are considered as standard solution of outdoor, these systems do not work in indoor. For indoor areas, various methods were developed for position measurement. However these are not accurate and economic enough. Research on this topic still continuing.

In this thesis general information about positioning systems is given. Afterwards currently active Global Navigation Satellite Systems and indoor positioning solutions are surveyed. In the light of the survey, an indoor position measurement system which uses ultrasonic and infrared signals was designed. The system can make positioning on a 2x2 meter test area with ± 2 cm accuracy. In the thesis, the cause of the measurement errors and possible improvements in the system performance are evaluated and application areas of the system are discussed.

Keywords: Ultrasonic positioning, trilateration, time of flight, indoor positioning (IPS), real-time locating system (RTLS),

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bana danışmanlık ederek yönlendiren ve her türlü desteği sağlayan danışmanım Yrd.Doç.Dr. Rifat EDİZKAN'a ve yardımcı danışmanım Yrd.Doç.Dr. Ahmet YAZICI'ya, tez çalışmamda, fikriyle, emeğiyle ve her türlü desteğiyle yanımda olan Hikmet YÜCEL'e, tezimin her aşamasında bana destek olan sevgili eşim Beril ÖZKIR'a ve onlara ayırmam gereken zamanda da tez çalışmamla ilgilendiğim için hoşgörü ve sabır göstererek tez çalışmamı bitirmemi bekleyen sevgili çocuklarım Berke ÖZKIR ve Furkan ÖZKIR'a, yüksek lisans eğitimime başladığım ilk günden (Ekim 1995) bugüne kadar ümitlerini kaybetmeden bana destek olan sevdiğim ve saygı duyduğum babam Mehmet Nuri ÖZKIR ve annem Melek ÖZKIR'a teşekkür ederim.

Bu çalışma, TÜBİTAK – Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) 'nın 8090029 No'lu “İç Ortamlar için Sesüstü Tabanlı Konumlandırma Sistemi (SESKON)” projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
 1. GİRİŞ	 1
 2. ÖLÇME VE KALİBRASYON	 5
2.1 Ölçme	5
2.1.1 Doğrudan ölçüm	6
2.1.2 Dolaylı ölçüm	7
2.2 Ölçüm Hatası (Güvenilmezlik)	8
2.3 Ölçüm Doğruluğu (Accuracy)	9
2.4 Kesinlik (Precision)	10
2.5 Kalibrasyon	10
2.6 Ölçüm Belirsizliği	12
 3. SESÜSTÜ TABANLI KONUMLANDIRMA SİSTEMİ	 13
3.1 Sesüstü Verici Ünitesi	14
3.2 Sesüstü Alıcı Ünitesi	17
3.2.1 Mikrodenetleyici seçimi.....	18
3.2.2 dsPIC Mikrodenetleyiciler	21
3.2.3 Sesüstü alıcı ünitesi tasarımı	22
3.3 Sistemin Çalışması Ve Tek Boyutta Konumlandırma	23
3.4 İki Boyutta Konumlandırma	24

4. SESÜSTÜ KONUMLANDIRMA SİSTEMİ UYGULAMALARI	27
4.1 Tek Boyutta Mesafe Ölçümü Ve Kalibrasyonu	27
4.2 Tek Boyutta Mesafe Ölçümü İyileştirme Çalışması	29
4.3 İki Boyutta Koordinat Ölçümü Uygulaması	33
4.4 İki Boyutta Koordinat Ölçümü Sonuçları	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ölçme sistemlerinde hata tipleri	8
2.2 Kesinlik ve doğruluk ifadelerinin grafiksel gösterimi	13
3.1 Sesüstü konumlandırma sistemi	13
3.2 Sesüstü Verici Ünitesi blok Gösterimi	14
3.3 Sesüstü çeviricilerin görüş açısı grafiği	15
3.4 Sesüstü çevirici sürücü devresi uygulama örneği	16
3.5 Sesüstü Verici Ünitesi zamanlama grafiği	17
3.6 Sesüstü Alıcı Ünitesi görünümü	17
3.7 Sesüstü Alıcı Ünitesi blok şeması	23
3.8 İki boyutta koordinat ölçümü sistemi ve tanımlamaları	25
4.1 1nci kanal ölçüm ve kalibrasyon grafiği	28
4.2 2nci kanal ölçüm ve kalibrasyon grafiği	28
4.3 Herhangi sıralı 200 ölçüm dağılımı	29
4.4 Herhangi sıralı 20 ölçüm dağılımı	31
4.5 İki boyutlu konumlandırma sistemi yerleşim planı	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 1nci kanal ölçüm sonuçları	32
4.2 2nci kanal ölçüm sonuçları	32
4.3 İki boyutta koordinat ölçüm sonuçları	34
4.4 İki boyutta koordinat ölçümleri mutlak hataları	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
AOA	Ulaşma Açısı
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
INS	Ataletsel Seyrüsefer Sistemi
IPS	Kapalı Alanlarda Konumlandırma Sistemi
PD	Faz Farkı
PDOA	Ulaşma Fazı Farkı
RFID	Radyo Frekansı İle Tanımlama
RSSI	Alınan Sinyal Gücü Gösterimi
RTLS	Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemi
TACAN	Taktiksel Hava Seyrüsefer Sistemi
TDOA	Ulaşma Zamanı Farkı
TOA	Ulaşma Zamanı
TOF	Uçuş Süresi
TWR	İki Yollu Mesafe Ölçümü
UWB	Aşırı Geniş Bant

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Konumlandırma genel olarak bir nesnenin küresel veya başka bir nesneye göre (bağıl) konumunun ölçülmesi olarak tanımlanabilir. Bu ihtiyaç, geçmişte açık denizdeki gemilerden, günümüzdeki hava araçları, otomobiller veya endüstride kullanılan insansız taşıyıcılara kadar birçok farklı alanda ortaya çıkmış ve birçok uygulamanın temel ihtiyacı haline gelmiştir.

Açık alanlarda standart haline gelmiş olan GPS, GLONASS vb. uydu tabanlı konumlandırma sistemleri kullanılmakta olup, bu sistemler bina, hangar gibi kapalı alanlarda çalışmamaktadır. Kapalı ortamların dışı yakın kısımlarında zayıf GPS sinyallerini alarak 5 – 10 metre hassasiyette geliştirilen bazı konumlandırma sistemleri olmakla beraber (Snap Track, 2009), (Atmel Corp., 2009), (3U-blox AG., 2009), herkesin fikir birliğine vardığı performansı raporlanmış bir sistem önerilmemiştir.

Kapalı alanlarda konumlandırma, insansız gezgin robotlar, gezici endüstriyel robotlar, üretim bantları, fabrikalar, ev otomasyonu, sağlık sektöründe pahalı mobil cihaz ve personel takibi, robotik laboratuvarları gibi sayısız uygulama alanına sahiptir. Birçok uygulama için kapalı mekanlarda konumlandırmaya ihtiyaç olmasına karşın kapalı alanlarda konum ölçümü açık alanlardaki uygulamalar kadar gelişme gösterememiştir.

Kapalı alanlarda, radyo dalgalarının farklı özelliklerinden faydalanan konumlandırma yapan sistemler de geliştirmiştir (Locata, 2009) (Q-Track, 2009) (Ubisense, 2009). Gezgin nesne veya insanlarda bulunan alıcılar aldıkları sinyal yardımı ile konumlarını hesaplamakta ya da gezgin nesne veya insanlara takılan vericilerin konumları merkezi sistem tarafından hesaplanarak kullanılmakta veya gezgin nesneye iletilmektedir

Bu konudaki başka bir yöntem de, bina içerisinde varolan IEEE 802.11 standartındaki Wi-Fi ağları ile konumlandırma yapan sistemlerdir (Ekahau, 2009). Sistem kurulumu sırasında Wi-Fi vericilerinin yayınlarının hangi noktaya ne şiddette ulaştığı ölçülerek bir veritabanı oluşturulur. Bu veritabanı sayesinde gezgin nesnelere veya insanlara takılan alıcılar RSSI yöntemini kullanarak 2 – 3 metre hassasiyetinde konumlarını hesaplayabilmektedirler.

Gezgin robot uygulamaları ele alındığında, konumlandırma problemi bağıl konumlandırma (relative positioning) ve mutlak konumlandırma (absolute positioning) olarak iki kısma ayrılmaktadır.

Bağıl konumlandırmada yol ölçer (odometry or dead reckoning) veya ataletsel seyrüsefer sistemi (INS) algılayıcıları ile robotların konumu, belli bir referans noktasına göre hesaplanmaktadır (Borenstain, et al., 1996). Robotun ilerlemesi, tekerleklerle takılacak hassas enkoder yardımıyla kayıt altında tutularak, ne kadar ilerlediği veya ne kadar döndüğü hesaplanmaktadır. Ancak bu uygulamalarda bazı hatalar oluşmaktadır. Örneğin, robot ilerlerken bir cisme çarptığında, dönüş yaparken veya kaygan zeminlerde tekerleklerde kaymalar oluşabilmektedir. Ayrıca, tekerleklerle takılan enkoderlerin hassasiyeti, tekerleklerin hava basıncının hesaplanandan farklı olması gibi birçok nedenlerden hata miktarı zamanla artmaktadır. Bu tip hataları ortadan kaldırmak için, mutlak konumlandırma sistemi kullanılması gerekir.

Ortamda belli referans noktalar varsa, algılayıcılar (Yazıcı and Parlaktuna, 2005) ile ortamda konumlandırma mümkündür. Bu yöntemde ortama yapay işaretlerin konulması ve kullanılan lazer mesafe ölçücü gibi algılayıcıların verilenin işlenmesi gerekir. Ortamın haritası biliniyorsa, algılayıcılardan elde edilen bilgiler direk olarak kullanılabilir. Örneğin, farklı algılayıcı bilgileri birleştirilerek (Kam and Kalata, 1997), (Larsson et al., 1996), (Horn and Schmidt, 1995), (Neira et al., 1999) daha hassas sonuçlarda elde edilebilir. Bu yöntemlerin, algılayıcı maliyeti yanında hesaplama yükünün fazla olması ve genelde ortamların dinamik olarak değişmesinden dolayı geniş yelpazede kapalı ortamlarda kullanımı pratik değildir.

Kamera sistemi bu alanda kullanılan diğer bir çözüm yöntemidir (Yufka et al., 2008). Bu yöntemde kameranın ortamda gördüğü nesneleri tanıması suretiyle konumlandırma gerçekleştirilmektedir. Ortamdaki ışık şiddetinin değişimi, konumlandırma yapılacak araç sayısının artması gibi durumlarda, bu yöntemle gerçekleştirilen pratik uygulamalarda çeşitli sıkıntılar oluşabilmektedir. Bu yöntemde, konumun belirlenmesinden sonra, konum bilgisinin, ihtiyaç halinde, ilgili araca da iletilmesi gerekmektedir. Bu sebeple pratik uygulamalarda yaygın kullanımı mümkün değildir.

Yukarıdaki bahsedilen yöntemlerin bazılarının yanında ses üstü tabanlı konumlandırma sistemleri de gezgin robot konumlandırmasında kullanılmıştır (Wu and Tsai, 2001), (Kim et al., 2006), (McCarthy et al., 2006). Bunlardan (Wu and Tsai, 2001) de üç adet sesüstü verici ve iki adet sesüstü alıcı kullanılarak gezgin robotun konumu ve yönü hesaplanmıştır. Farklı konumlar için deneysel çalışmalar yapılmış ve hata analizleri ortaya konmuştur. Diğer çalışma (Kim et al., 2006) da ise tavana üç adet sesüstü ve bir adet ise RF vericisi konmuştur. Alıcı modül ise hareket eden nesne üzerine yerleştirilmiş RF ve sesüstü alıcılara sahiptir. Vericiler bir motor vasıtası ile hareket ettirilebilmekte olup CAN veri yolu üzerinden koordine edilmektedirler. Sesüstü tabanlı (McCarthy et al., 2006) çalışmasında ise, sesüstü vericilerin sinyal yayma zamanını RF ile hareketli alıcıya gönderen sistemdeki RF tetikleme sinyali kaldırılıp tamamen sesüstü tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Sesüstü tabanlı konumlandırmada Hexamite ve Sonitor bu konudaki uygulamalardandır. Bunlardan Hexamite’de ortamda kişisel bilgisayara bağlı bir sesüstü algılama ağı oluşturulmuş, ortamda hareket eden nesne üzerindeki verici sesüstü sinyaline bakılarak hareket eden nesnenin yeri bulunmaktadır. Sonitor tarafından geliştirilen ürünlerde ise verici etiket sesüstü yoluyla kimlik bilgisini yaymakta ortama yerleştirilen alıcılardan bu bilgiyi alan ağ üzerinden merkeze göndermektedir.

Sesüstü tabanlı sistemleri, RF ile birleştirerek konumlandırma yapan birçok çalışma mevcuttur (Priyantha, 2005), (Harter and Hopper, 1997), (Fukuju et al., 2003). Bunlardan Cricket(Priyantha, 2005) sisteminde laboratuvar tavanında, ızgara yapısında çok sayıda verici modül yerleştirilmiştir. Bu modüllerde RF ve sesüstü vericiler

bulunmaktadır. Alıcı hareketli cisim her vericiye olan uzaklığını gelen RF ve sesüstü sinyallerin geliş zamanları arasındaki farkı kullanarak bulmaktadır. ActiveBat (Harter and Hopper, 1997) sisteminde ise RF-sesüstü alıcılar tavana yerleştirilmiş olup gezgin birim belli kimlik bilgisi ile yayın yapmaktadır. Bu yayın alındığında gezgin birimin konumu bir merkezi birimde hesaplanmaktadır.

Bu projede sesüstü dalgalar ile birlikte kızılötesi sinyal kullanılarak konumlandırma sistemi geliştirilmiştir. Sistemin çalışma prensibi, sesüstü sinyallerin yayılma hızlarından faydalanarak, uçuş süresi (time of flight) ölçümü ile mesafe hesaplanması ve hesaplanan mesafelerden üçgenleme yöntemi ile koordinatların belirlenmesi yöntemine dayanır. Kızılötesi sinyal, sesüstü sinyallerin başlangıç zamanları için referans olarak kullanılmıştır.

BÖLÜM 2

ÖLÇME VE KALİBRASYON

Gerçekleştirilen iki boyutlu konumlandırma sistemi, mesafe ölçmek suretiyle konum hesaplaması yapan bir ölçüm sistemidir. Dolayısıyla ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi sırasında, ölçme, ölçümü etkileyen faktörler, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve ölçüm sisteminin kalibrasyonu hakkında bilgi edinerek çalışmalarımızı bu bilgiler doğrultusunda gerçekleştirmenin uygun olacağı değerlendirilmiş ve bu bölüm hazırlanmıştır. (MetLab Ltd., 2009),

2.1 Ölçme

Bir büyüklüğün değerinin bulunmasına yönelik işlemler dizisine ölçme denir. Ölçme faaliyeti de ölçüm olarak nitelendirilir. Örneğin, bir uzunluğun veya bir ağırlığın belirlenebilmesi için yapılan işlem ölçümdür. Ölçümü yapabilmek için öncelikle ölçülecek büyüklüğün belirli olması gerekir. Bunu sağlayabilmek için de büyüklüğün yapısını bilmek gerekir. Ölçülecek büyüklükler genel olarak iki kısma ayrılır;

- Fiziksel büyüklükler
- Fiziksel olmayan büyüklükler

Kuvvet, basınç, uzunluk, kütle ve sıcaklık fiziksel büyüklüklere birer örnektir. Sertlik, yüzey pürüzlülüğü gibi büyüklükler fiziksel olmayan büyüklüklerden olup bunlara endüstriyel büyüklükler de denir. Fiziksel büyüklüklerin temelinde fiziksel kanunlar mevcut olup, temel büyüklüklerden bu kanunlarla türetilmişlerdir. Fakat fiziksel olmayan büyüklüklerde bundan söz edilemez.

Fiziksel büyüklüklerin ölçüm sonucu, ölçme yöntemine bağlı değildir. Yani ölçme yöntemi ne olursa olsun sonuç değişmez. Örneğin, bir ölçme bloğu (Johnsson mastarı) ölçümünde iki uç arasındaki mesafe, ölçme yöntemi ne olursa olsun standart koşullar altında aynı bulunur.

Fakat sertlik ölçümünde uygulanan metoda göre sonuçlar değişir. Rockwell, Brinell, Vicker gibi sertlik ölçme metodlarının her birinde farklı birimler ve sonuçlar elde edilir. Bu yüzden fiziksel büyüklükler tüm ölçümlere temel oluştururlar.

Ölçme işlemi, cisimlerin merak edilen özelliklerinin, büyüklükleri hakkında bilgi edinmek amacıyla, belirli bir büyüklük veya birime göre yapılan işlemlerdir. Ölçmenin amaç veya durumuna göre, tek bir büyüklükle yapılabileceği gibi, birden fazla büyüklük kullanılarak da aynı işlem yapılabilir. Bu yapılırken, ölçme zamanı, doğruluk derecesi, ölçüm metodu vs göz önünde bulundurulmalıdır.

Örneğin, belirli miktardaki sıvının hacmi ölçeklendirilmiş bir kap ile doğrudan ölçülebileceği gibi; bir terazi yardımı ile tartılarak kütlesi belirlenebilir, yoğunluk değeri de literatürde verilen değerlerden alınıp, “hacim = kütle / yoğunluk” eşitliğinden hesaplanabilir. Ölçüm yöntemleri, doğrudan ölçüm ve dolaylı ölçüm olmak üzere, temel olarak ikiye ayrılır.

2.1.1 Doğrudan ölçüm

Aranan bir büyüklüğün değeri gerçek ölçeklerle mukayese edilerek bulunabiliyor veya ölçme birimine uyarlanmış olarak kalibre edilmiş bir ölçme cihazıyla doğrudan okunabiliyorsa böyle ölçümlere doğrudan ölçüm (direkt ölçme) denir. Örneğin belirli bir uzunluk, cetvel, kumpas veya herhangi bir ölçme aletiyle ölçülüyor ve sonuç skala veya göstergeden doğrudan okunabiliyorsa bu tip ölçme doğrudan ölçmedir. Aynı şekilde, kütle, bir terazi yardımıyla, sıcaklık termometre ile doğrudan ölçülebilir. Her birinin ölçümü için eşdeğer bir referans büyüklük gereklidir ve genellikle mukayese ile doğrudan ölçme yapılır.

2.1.2 Dolaylı ölçüm

Aranan büyüklüğün değeri, doğrudan ölçümlerin sonuçlarına göre dolaylı bir şekilde, aranan büyüklükle belirli kanunlara dayalı olarak bulunabiliyorsa, bu tip ölçümlere dolaylı (indirekt) ölçüm adı verilir.

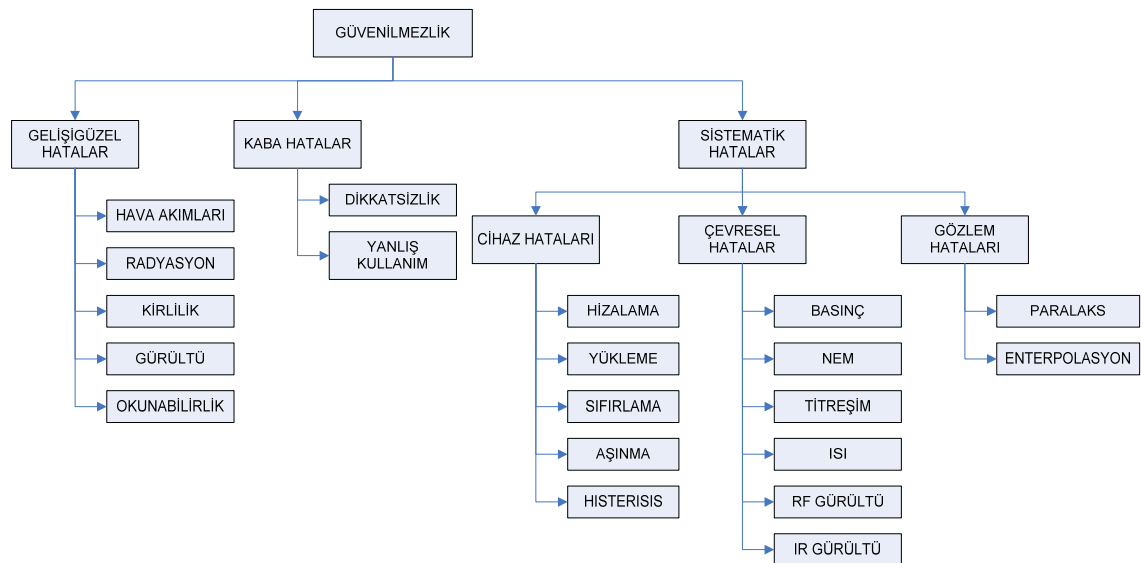
Dolaylı ölçme yalnızca fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılabilir. Çünkü fiziksel ve temel büyüklükler arasında belirli fiziksel kanunlar mevcuttur ve dolaylı ölçüm sonucu bu kanunlara göre belirlenir. Örneğin, bir kuvvet ölçümünde, Newton'un 2. kanunu geçerli olup $F = m \cdot a$ veya $F = W = m \cdot g$ formülüne göre dolaylı bir ölçüm ile sonuca varılabilir. Kütle ve ivmenin ayrı ayrı ölçülmesiyle, karşılık gelen kuvvet hesap yoluyla bulunur. Aynı kanundan faydalanılarak basınç hesaplaması da yapılabilir. Gerçi, kuvvet ve basınç değeri gibi pek çok fiziksel büyüklük için doğrudan ölçme metodu geliştirildiyse de dolaylı ölçme yöntemi kullanılarak da sonuca gidilebilir. Buradan da anlaşılacağı üzere fiziksel olmayan büyüklükler için dolaylı ölçme metodu söz konusu olamaz. Malzemelerin ısı iletim katsayıları, genleşme katsayıları, elastiklik modülü gibi değerlerin belirlenmesi, dolaylı ölçmeye güzel birer örnektir.

Sesüstü konumlandırma sisteminin çalışmasında da dolaylı ölçüm söz konusudur. Sistemde temel olarak sesüstü sinyalin uçuş süresi ölçülmekte ve bu ölçümlerden mesafe hesap edilmektedir. Ayrıca iki boyutta konum ölçümü yapılacak sistemde, geometri kurallarından faydalanarak ölçülen mesafelerden konum hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarda yapılan işlemler, hesaplama sonuçlarının tam ve ondalıklı kısımlarının hassasiyeti ölçüm sonucunu etkilemektedir. Ölçüm sonucunu etkileyen başka faktörler de vardır ve bu faktörler etkileri nispetinde ölçüm sonucunda hataya sebep olmaktadır.

2.2 Ölçüm Hatası (Güvenilmezlik)

Matematik problemleri çözerken, fiziksel çevre koşullarının, sayılar üzerinde etkileri olmadığından, bulunan değerler, tam sonuç olarak kabul edilir. Bir maddeye mekanik veya başka bir yapay işlem uygulanarak elde edilen sayısal değerler de ölçüm sonuçlarıdır fakat bu değerler gerçek değer olarak kabul edilemez ve bir hata değerine sahiptir.

Ölçüm hatası olmayan bir ölçüm şimdiye kadar yapılmamıştır. Bu durumda ölçüm hatası tanımlanmalıdır. Ölçüm hatası, ölçüm sonucundan, ölçülen büyüklüğe ait gerçek değer çıkarılmasıyla elde edilen gerçek değerdir. Gerçek değer, ele alınan belirli bir büyüklüğün tanımına karşılık gelen ve ancak ideal bir ölçüm ile elde edilecek bir değerdir. Gerçek değerler yapıları gereği belirlenemeyeceğinden, uygulamada konvansiyonel (geleneksel) gerçek değer kullanılır. Konvansiyonel gerçek değer, belirli bir büyüklüğe verilen ve ele alınan amaç için uygun bir belirsizliğe sahip olduğu bazen bir konvansiyonla kabul edilen değerdir. Örneğin, belirli bir mahalde, referans standart tarafından gerçekleştirilen büyüklüğe verilen değer, veya CODATA (1986) (Committee on Data for Science and Technology) tarafından Avagadro sabiti için önerilen değer $N_A : 6.0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ konvansiyonel gerçek değer olarak alınabilir.



Şekil 2.1 Ölçme sistemlerinde hata tipleri

Ölçüm hatası, birinci derecede, ölçme cihazının çözünürlüğü ile sınırlıdır. Çözünürlük, bir gösterge elemanının, gösterge değerleri arasındaki anlamlı olarak algılanabilir en küçük fark olarak tanımlanır. Ölçüm sonucunda, şans eseri olarak bile, gerçek değere ulaşma olasılığı oldukça düşüktür. Öyleyse amaç, ölçüm hatalarının tümünü elimine etmek veya ortadan kaldırmak değil, ölçümün yapılma amacına yönelik olarak, kabul edilebilir en düşük seviyeye ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için, ölçüm hatalarının kaynağı ve tipi hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Şekil 2.1’de hata tipleri ve kaynakları gösterilmektedir.

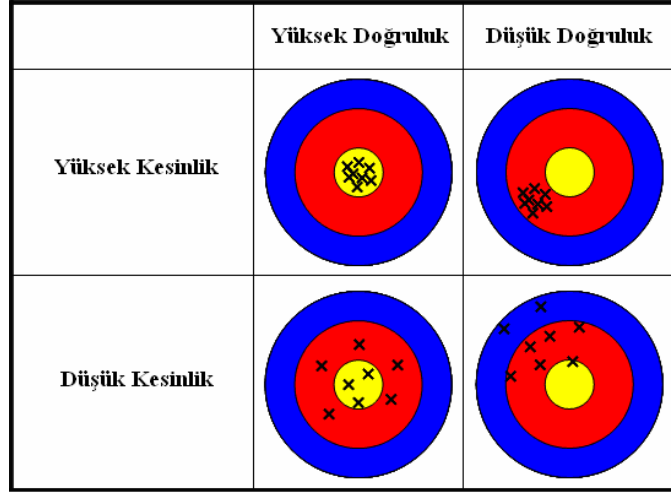
2.3 Ölçüm Doğruluğu (Accuracy)

İyi bir ölçümden beklenen, ölçümün gerçekleştirilme amacına yönelik olarak, uygun derecede bir doğruluğa sahip olmasıdır. Ölçüm doğruluğu (accuracy), ölçüm sonucu ile ölçülen büyüklüğün gerçek değeri arasındaki yakınlık derecesidir. Doğruluğu ifade etmenin en iyi yolu ölçüm hatasının veya hata sınırının verilmesidir. Bir çok ölçüm raporunda görülebilen, “ölçüm doğruluğu ± 0.05 %’dir” ifadesiyle anlatılmak istenen, hata sınırının ± 0.05 % olduğu ve yapılan ölçümlerden elde edilecek sonuçların bu sınır değerlerin dışına çıkmayacağıdır. ± 0.05 % değeri ölçüm hatasının sınırlarını belirlediğinden, doğruluk değeri olarak değil, hata değeri olarak kabul edilmelidir. Doğruluk arttıkça ölçüm hatası düşeceğinden, ± 0.05 % hataya sahip bir ölçüm, hatası ± 0.03 % olan bir ölçümden daha düşük doğruluğa sahiptir.

Ölçüm doğruluğunun ifade edilmesiyle ilgili bir diğer sorun da, “kesinlik (precision)” kelimesinin “doğruluk (accuracy)” yerine kullanılmasıdır. Bu iki terim birbirinden belirgin şekilde farklıdır ve bu farklılığın tam olarak anlaşılması gerekir. Doğruluk, ölçüm değerinin, gerçek değere yakınlığını veya uygunluğunu ifade ederken, kesinlik ise bir grup ölçüm veya cihaz içinde uyuşma veya anlaşma derecesini ifade etmektedir. Kesinlik, doğruluk için gerek şarttır ancak yeter şart değildir. Başka bir deyişle, okuma değerinin doğruluğu, kesinliği ile garanti edilemez.

2.4 Kesinlik (Precision)

Sistemin tekrarlanabilirliğinin bir ölçüsüdür. Tekrarlanabilirlik, aynı ölçüm koşulları altında (aynı ölçüm prosedürü, aynı gözlemci, aynı koşullar altında kullanılan aynı ölçme cihazı, aynı konum, aynı kullanım koşulları, kısa zaman aralığında tekrar) gerçekleştirilen, aynı ölçülen büyüklüğe ait birbirini izleyen ölçüm sonuçları arasındaki yakınlık derecesidir ve sonuçların dağılımı cinsinden ifade edilir. Düşük dağılım yüksek kesinliği gösterir. Kesinlik ve Doğruluk ifadelerinin grafiksel gösterimi Şekil 2.2’de sunulmuştur.



Şekil 2.2 Kesinlik ve doğruluk ifadelerinin grafiksel gösterimi

2.5 Kalibrasyon

Kalibrasyon, belirli koşullar altında, bir ölçme cihazı veya bir ölçme sisteminin gösterdiği değerler ile bunlara karşılık gelen ölçüm standardı değerleri arasındaki ilişkiyi kuran işlemler dizisidir. Başka bir ifadeyle kalibrasyon ölçüm amacıyla kullanılan bir cihaz veya referansın gösterdiği değerle göstermesi gereken değer arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

Örneğin, uzunluk, ağırlık, kütle, elektrik direnç vb. herhangi büyüklüğün, ölçümlerini yapan aletlerin kabul edilen bir ölçüte göre ayarlarının yapılması ve hata sınırlarının belirlenmesi olarak da ifade edilebilir.

Yöntem olarak, kalibrasyon işleminde, kalibre edilen ölçü aletinin hata miktarı, kendisinden daha yüksek doğruluklu (en az 3 kat), bir ölçü aleti referans alınarak belirlenir. Referans alınan ölçü aletlerinin kalibrasyon sertifikası üzerinden ulusal veya uluslararası temel referanslara kesintisiz bir kıyaslamalar zinciri ile bağlanması (izlenebilirlik) gerekir. Böylelikle kalibre edilen ölçü aletinin de temel referanslarla izlenebilirliği sağlanmış olur ki bu kalibrasyon işleminin geçerliliği için en önemli şarttır.

Kalibrasyonun sonucu, ölçüt/ölçeğin, ölçü aletinin veya ölçme sisteminin hatasını kestirmeye, veya alelade bir skalanın işaretlerine değerler verilmesine olanak sağlar. Kalibrasyon işlemi başka metrolojik özellikleri de belirleyebilir. Kalibrasyon sonucu, kalibrasyon sertifikası veya kalibrasyon raporu adı verilen bir döküman ile kaydedilebilir. Kalibrasyon sonucu bazen, bir kalibrasyon faktörü veya bir kalibrasyon eğrisi şeklindeki bir dizi kalibrasyon faktörü olarak ifade edilebilir.

Kalibrasyon Periyodlarının Belirlenmesi; Ölçü aletleri, ölçüm prensip ve teknolojileri ile kullanım şartlarına bağlı olarak zamanla yaşlanırlar, bu nedenle belirli periyodlarla kalibrasyonun tekrarlanması gerekir. Söz konusu periyodlar deneyimli kullanıcılar tarafından cihaz özellikleri ve kullanım koşulları göz önüne alınarak belirlenmelidir. Bu konuda tavsiye edilen çeşitli yöntemler vardır.

Kalibrasyon işlemi bir deneysel çalışma olup, deneysel bir çalışmadan beklenen tüm gereklilikler karşılanmalıdır. Yani çalışmalar kontrollü bir ortamda, özenli ve yazılı çalışma alışkanlığına sahip eğitimli kişilerce yapılmalı, çalışmanın yapıldığı ortam özellikleri, kullanılan ekipman, uygulanan yöntem, ölçüm belirsizliği ve sonuçlar kalibrasyon raporunda belirtilmelidir.

2.6. Ölçüm Belirsizliği

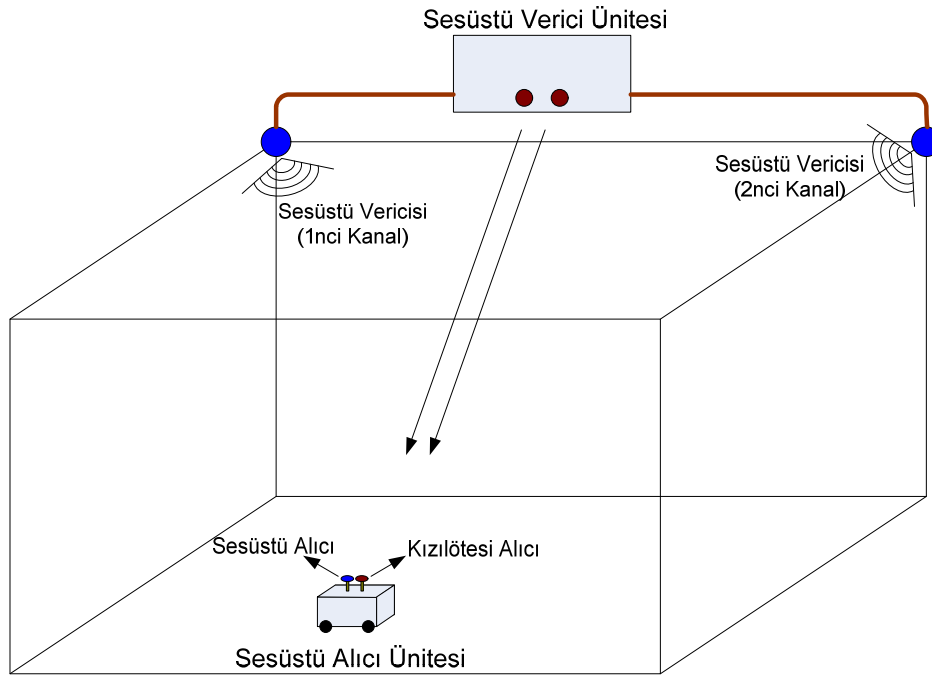
Ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucu ile beraber yer alan ve ölçülen büyüklüğe, gerçek değerinin içinde bulunduğu değerler aralığına karşılık gelebilecek değerlerin dağılımını karakterize eden parametredir. Bu parametre, örneğin, standart sapma (veya onun belli katları) veya belirli bir güvenilirlik seviyesine sahip olan aralığın yarı genişliği olabilir.

Sesüstü konumlandırma sisteminde, elde edilen ölçüm sonuçlarının dağılımı, ölçümlerin ortalama değeri ve standart sapması incelenmiştir. İnceleme sonucunda ölçüm belirsizliğinin azaltılabilmesi için ortalama değere standart sapmadan daha uzaktaki değerler ölçüm hesabında dikkate alınmamıştır. Bu sayede ölçüm belirsizliğinin azaltıldığı ve daha doğru ölçüm sonuçları elde edildiği gözlenmiştir.

BÖLÜM 3

SESÜSTÜ TABANLI KONUMLANDIRMA SİSTEMİ

Bu projede sesüstü ve kızıl ötesi sinyaller birlikte kullanılarak konumlandırma sistemi tasarlanmış ve uygulaması yapılmıştır. Sistemin çalışma prensibi, sesüstü sinyallerin yayılma hızlarından faydalanarak, uçuş zamanları (time of flight) ölçümü ile mesafe hesaplanması ve hesaplanan mesafelerden koordinat tayin edilmesi yöntemine dayanır. Bu uygulamada kızılötesi sinyal, referans zamanı başlangıcının belirlenmesi için kullanılmıştır. Şekil 3.1’de sesüstü konumlandırma sisteminin genel yapısı gösterilmektedir.

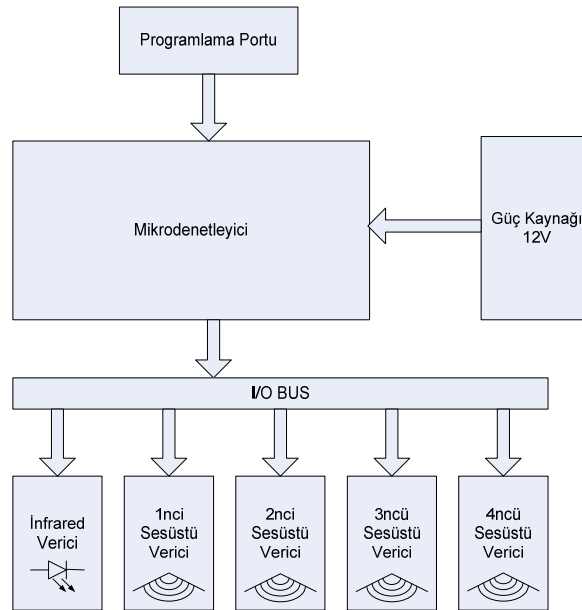


Şekil 3.1 Sesüstü konumlandırma sistemi

Sesüstü tabanlı konumlandırma sistemi, Sesüstü Verici Ünitesi ve Sesüstü Alıcı Ünitesi olmak üzere temel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Takip eden kısımlarda bu ünitelerin tasarımları ve çalışma prensibi hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

3.1. Sesüstü Verici Ünitesi

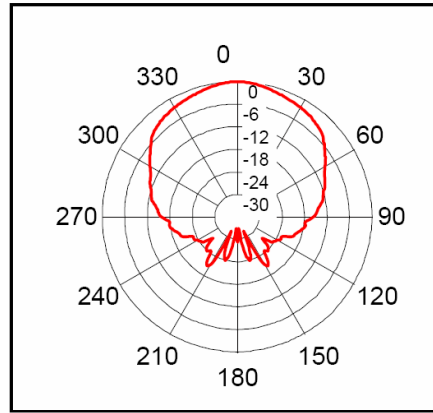
Sesüstü Verici Ünitesi, sesüstü sinyallerin ve kızıl ötesi sinyalin üretilerek belirli periyotlarda yayınlanmasını sağlayan ünitelerdir. Yapısında dsPIC mikrodenetleyici, bir kanal kızılötesi sürücü ve kızılötesi verici, dört kanal sesüstü sürücü ve her bir kanal için BNC konnektörler ile bağlantısı sağlanan sesüstü vericilerden oluşmaktadır. Esnek kanal sayısı kullanımı ve esnek zamanlama yeteneğine sahip olması için mikrodenetleyici kullanılması tercih edilmiştir. Mikrodenetleyici olarak dsPIC seçilmesinin sebebi, Sesüstü Alıcı Ünitesi kısmında detaylı olarak açıklanmaktadır. Vericide dsPIC kullanımı tamamıyla dsPIC için yazılım geliştirme ve programlama kabiliyetine sahip olması sebebiyledir. Sesüstü Verici Ünitesinde ihtiyacı karşılayabilecek başka bir mikrodenetleyici de kullanmak mümkündür. Sesüstü Verici Ünitesinin blok şeması Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Sesüstü Verici Ünitesi blok Gösterimi

Sesüstü Konumlandırma Sistemi Verici ve Alıcı ünitelerinde kullanılan sesüstü çeviricilerin görüş açısı grafiği Şekil 3.3’de görülmektedir, ayrıca temel teknik özellikleri şu şekildedir (Midas Components Ltd, 2009).

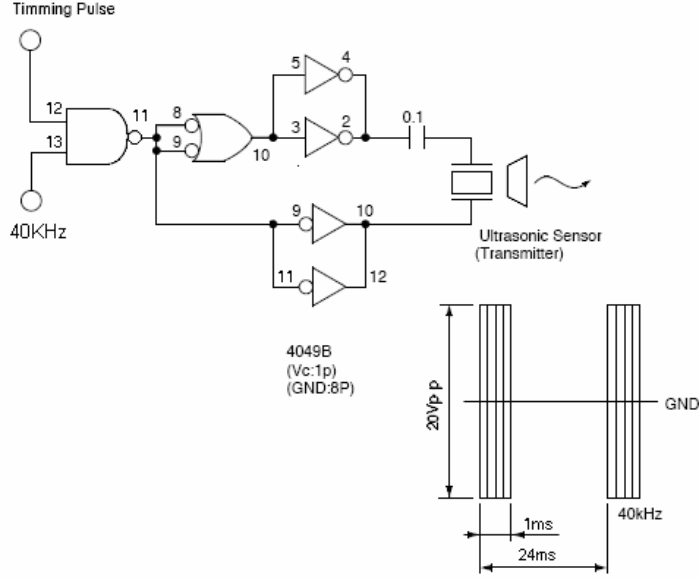
- 400ST120 : Verici
- 400SR120 : Alıcı
- Merkez Frekansı : 40.0±1.0Khz
- Bant Genişliği (-6dB) : 400ST120 2.0Khz
: 400SR120 2.0Khz
- Kapasitans (1KHz’de) : ±20% 2400 pF (1KHz’de)
- Maksimum Sürücü Voltajı : 20Vrms (Sürekli)
- Toplam Görüş Açısı : -6dB 85° tipik olarak



Şekil 3.3 Sesüstü çeviricilerin görüş açısı grafiği

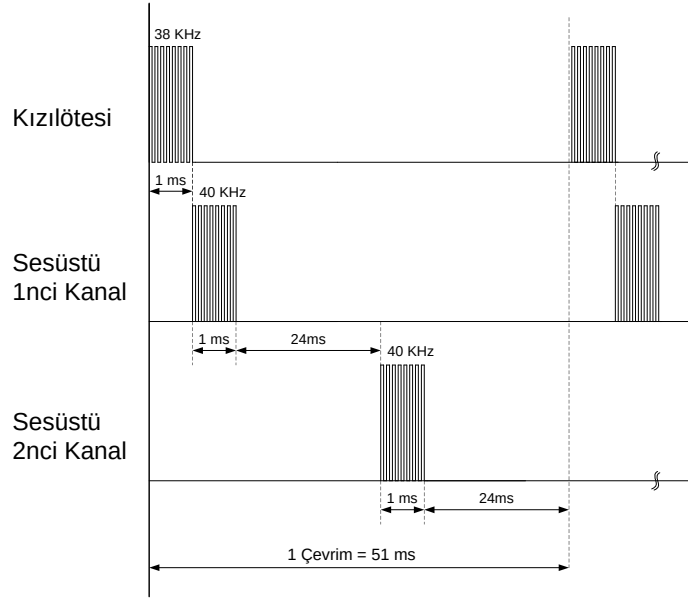
Mikrodenetleyici tabanlı olması sebebiyle istenilen sesüstü kanal sayısına ve istenilen zamanlama özelliklerine göre kolaylıkla programlamak mümkündür. Mevcut uygulamada iki boyutta koordinat tayini uygulaması için bir adet kızıl ötesi sinyal ve iki kanal sesüstü sinyal kullanılmıştır. İki kanal sesüstü sinyalin yeterli olması sebebiyle maksimum sayıda ölçüm alınabilmesi için 3ncü ve 4ncü kanallar ölçüm çevrimine dahil edilmemiştir.

Sesüstü Verici Ünitesinde sesüstü çeviricilerin sürülmesi için Şekil 4.4'te gösterilen referans uygulama devresi kullanılmıştır. (Murata Manufacturing Co., 2009). Devrenin özelliği sayesinde, sesüstü çeviricilerin CMOS kapılarla sürülerek 12V kaynakla sensör uçlarında yaklaşık 20V'luk sürücü voltajı sağlanmaktadır.



Şekil 3.4 Sesüstü çevirici sürücü devresi uygulama örneği

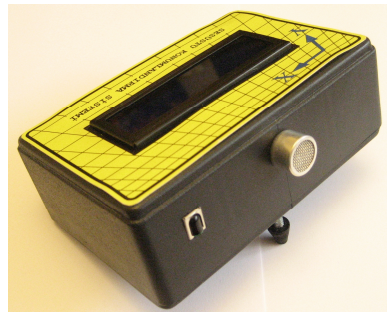
Ölçüm çevrimi kızılötesi sinyalin 1ms süreyle 38KHz yayın yapması ile başlar, bu sinyalin bitmesini müteakiben 1nci sesüstü kanalından 1ms süre ile 40KHz'lik sesüstü sinyal yayınlanır. 24ms suskunluk ve sönümlenme zamanı ardından 2nci sesüstü kanalından 1ms süre ile 40KHz'lik ikinci sesüstü sinyal yayınlanır. Bu sinyalin ardından da 24ms süre ile suskunluk ve sönümlenme zamanı geçmesi ile ölçüm çevrimi tamamlanmış olur. Bir ölçüm çevriminin süresi 51ms olup 1 saniyede yaklaşık 20 koordinat ölçümü alınabilmektedir. Sesüstü Verici Ünitesi çıkış zamanları grafiği Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Sesüstü Verici Ünitesi zamanlama grafiği

3.2 Sesüstü Alıcı Ünitesi

Sesüstü Verici Ünitesi tarafından gönderilen sinyallerin alınarak işlendiği ve bu bilgilerle, bulunduğu yerin konum bilgisinin hesaplandığı birimdir. Üzerinde dsPIC30F6014 mikrodenetleyicisi, bir adet sesüstü alıcısı ve sesüstü yükselteci, bir adet hibrit kızılötesi alıcısı ve bir adet de 2x16 karakter LCD ekran bulunmaktadır. Mikrodenetleyici kullanılması sayesinde, yazılımın geliştirilmesi ile mesafe ölçümünde farklı tekniklerinin uygulanabilmesine imkan verecek yapıda tasarlanmıştır. Şekil 3.6’da Sesüstü Alıcı Ünitesi görülmektedir.



Şekil 3.6 Sesüstü Alıcı Ünitesi görünümü

Sesüstü Alıcı Ünitesi tasarımı aşamasında birçok mikrodnetleyici ve geliştirme kartı incelenmiş, inceleme sonucunda dsPIC kullanılarak özgün bir tasarım yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler ve sonuçları aşağıdaki kısımda detaylı olarak açıklanmaktadır.

3.2.1 Mikrodnetleyici seçimi

Günümüzde elektronik sistemlerin işletilmesinde kullanılan, farklı firmalara ait, çok sayıda mikrodnetleyici entegre devre ve mikrodnetleyici kartları mevcuttur.

Bunlara örnek olarak

- 8051
- Atmel firmasının geliştirmiş olduğu ARM7, ARM9 mikrodnetleyicileri,
- Piccolo,
- PIC
- dsPIC mikrodnetleyicileri ile
- Texas Instruments DSP Kartları,
- 8051 tabanlı Single Board Computer kartları
- ARM-7 ve ARM-9 tabanlı Single Board Computer kartları gibi Mikrodnetleyicilerini ve mikrodnetleyici geliştirme kartlarını örnek gösterebiliriz.

Tüm bu mikrodnetleyici ve geliştirme kartları seçenekleri arasında, aşağıdaki kriterlere göre inceleme yapılmış ve günümüzün güncel ürünlerinden olan Microchip firmasının üretmiş olduğu dsPIC'lerin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Tasarım sonucunda elde edilecek nihai ürün için aşağıda, belirtilen kriterleri sağlaması hedeflenmiştir. Kriterler şu şekilde sıralanabilir.

- **Donanım olarak uygunluk**

Gerçekleştirilecek olan sistemin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilir özelliklerde olması ve hatta geliştirme sürecinde donanımsal olarak dar boğaz yaratmaması gerekmektedir. Buna göre seçilecek olan mikrodenetleyici veya geliştirme kartının,

- Mimari yapısının hızlı işlem yapmaya uygun olması,
- Çalışma frekansının yüksek olması,
- RAM, EPROM gibi hafıza özelliklerinin ,
- Interrupt, Timer, Counter gibi donanım özelliklerinin,
- ADC, DAC, Haberleşme Portları gibi giriş / çıkış birimleri özelliklerinin, ihtiyacı karşılaması.

- **Özgün tasarıma sahip olmak**

Nihai ürün olarak ortaya çıkarılacak sistemin özgün bir tasarıma sahip olmasıdır. Mikrodenetleyiciler için çok sayıda genel maksatlı geliştirme ve uygulama kartları mevcuttur. Bu kartlar sayesinde gerçekleştirilecek sistem için en uygun donanım hazır olarak temin edilmek suretiyle, tasarım ve gerçekleştirilmesi için zaman ve para harcamadan ihtiyacın karşılanması mümkündür. Fakat bu durumda, kartların genel amaçlı kullanıma uygun olarak üretilmeleri sebebiyle üzerlerinde fazladan çevre birimleri içermeleri, maliyetlerinin seri üretim için fazla olması, ihtiyacımızı karşılayacak donanımın bire bir kart üzerinde bulunmaması gibi sebeplerle hazır uygulama kartlarının kullanılması yerine kendi tasarımıımızı gerçekleştirmemizin maliyet ve tasarım esnekliği yönünden daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

- **Güncel olması**

Bugünün koşullarında tasarımı yapılan sistemin ekonomik ömrü boyunca demode olmadan kullanılabilmesi, geliştirilebilir olması ve idame edilebilirliğinin sağlanması için seçilecek ürünlerin dünün ürünü değil, yarının ürünü olması uygun olacaktır.

- **Referans donanım ve yazılımlar**

Donanımın ve yazılımın geliştirilmesi çalışmalarında örnek uygulama devrelerinin ve örnek yazılım parçacıklarının olması tercih sebebidir.

- **Yazılım geliştirme ortamının kolaylığı**

Yazılım geliştirme ortamının mikrodenetleyiciye özel yeni öğrenilmesi gereken bir dil olmayıp zaten genel olarak bilinen bir programlama dili olması. Makine dili yerine yüksek seviyeli programlama dillerinden birinin kullanılabiliyor olması tercih sebebidir. Örneğin C, Pascal, Basic gibi

- **Kolay temin edilebilir ve ekonomik olması**

İçinde bulunduğumuz ticari koşullar göz önünde bulundurulduğunda, tasarım yaparken üretici firma kataloglarından istediğimiz ürünü seçmek çoğu zaman gerçekçi bir yaklaşım olmamaktadır. RS ve FARNELL gibi malzeme temini konusunda faaliyet gösteren firmalar olmasına rağmen özellikle düşük miktarlardaki malzeme alımlarında minimum sipariş miktarları ve nakliye masarafları gibi maliyetlerde ilave edilmekte, temin edilecek ürünün fiyatı çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Ürünün teknik özellikleri ne kadar iyi olursa olsun temin edilebilirliği ve hatta ekonomik olarak temin edilebilirliği, tasarımın gerçekleştirilebilirliği açısından çok önem arz etmektedir.

Bu kriterler göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmede Microchip firmasının üretmiş olduğu dsPIC mikrodenetleyici entegre devresinin kullanılarak özgün bir tasarım yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Teknik özellikleri ve temin edilebilirliği açısından, alıcı devresinde dsPIC30F6014A mikrodenetleyicisinin ve verici tarafında da dsPIC30F4013 mikrodenetleyicisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

3.2.2 dsPIC Mikrodenetleyiciler

Microchip firmasının geliştirdiği PIC mimarisine Dijital Veri işleme (DSP) özellikleri de ilave edilerek geliştirilmiş bir mimariye sahiptir. Bu mimari sayesinde DSP komutları bir komut çevriminde işletilmekte, (17bit x 17bit) çarpım işlemi bir komut çevriminde yapılabilmektedir. dsPIC30F6014A 12bit yüksek analog örnekleme hızına sahiptir. İleride uygulama üzerinde yapılacak geliştirme çalışmaları için de uygun alt yapıya sahiptir. dsPIC30F6014A mikrodenetleyicinin temel teknik özelliklerinden bazıları şunlardır.

- Yüksek performanslı modifiye RISC CPU yapısı,
- C derleyici tarafından optimize edilmiş komut seti yapısı,
- Esnek adresleme modu,
- 144Kbyte'a kadar hafıza birimi
- 48Kbyte'a kadar program uzunluğu, 8 Kbyte'a kadar RAM,
- 30 MIPS komut işletme hız
- 41 interrupt kaynağı ve 8 adet, kullanıcı tarafından seçilebilen öncelik seviyesi

Dijital Veri İşleme (DSP) Özelliklerinden bazıları;

- 2 adet 40 bit genişlikte aritmetik kontrol birimi,
- 17-bit x 17-bit single-cycle donanımsal çarpma yeteneği,
- DSP komut seti
- Tüm DSP komutları tek çevrimde işletilir.

Çevre birimlerinden bazıları;

- Yüksek akım sink/source I/O pinleri: 25 mA/25 mA
- 5 adet 16-bit timers/counters; tercihen 32 bit timer/counter olarak kullanılabilir.
- 16-bit Capture input fonksiyonu,
- 16-bit Compare/PWM çıkış fonksiyonu,

- 3-hatlı SPI modül
- I2C™ modül desteği

Analog arabirim özellikleri;

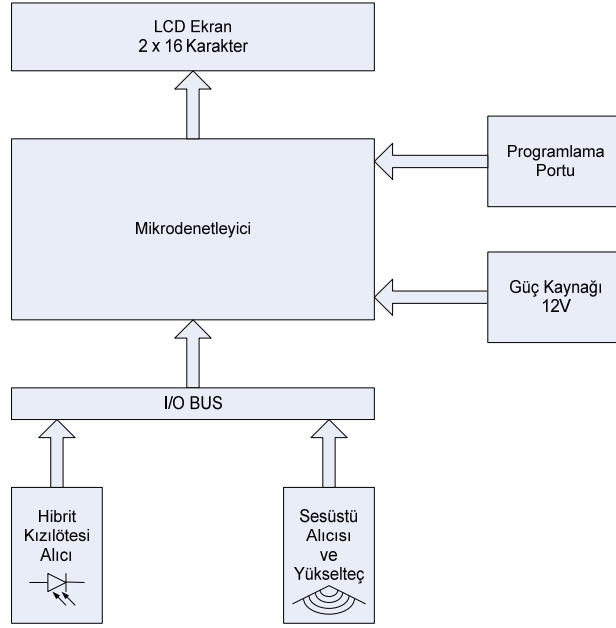
- 12-bit Analog-Dijital Çevirici (ADC)
- 200 Ksps çevirme hızı
- 16 kanal analog giriş

(Microchip Technology Inc, Datasheet 1), (Microchip Technology Inc., Datasheet 2)

dsPIC mikrodnetleyicinde yazılım geliştirme ve programlama sırasında mikroElektronika firmasının microC yazılımı (MikroElektronika, User Manual 1, 2008) ve dsPicFlash programlama cihazı kullanılmıştır. (MikroElektronika, User Manual 2, 2008), (MikroElektronika, User Manual 3, 2008).

3.2.3 Sesüstü Alıcı Ünitesi tasarımı

Sesüstü Verici Ünitesi tarafından gönderilen sinyaller alınarak işlenmesi ile konum bilgisinin hesaplanarak LCD ekranda kullanıcıya sunulmaktadır. İstenildiği takdirde bu koordinat bilgisi uygun haberleşme portu kullanılarak doğrudan bilgiye ihtiyaç duyacak birime aktarılabilir. Üzerinde dsPIC30F6014 mikrodnetleyicisi, bir adet sesüstü alıcısı ve sesüstü yükselteci, bir adet hibrit kızılötesi alıcısı bulunmaktadır. Sesüstü Alıcı Ünitesi blok şeması Şekil 3.7’da gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Sesüstü Alıcı Ünitesi blok şeması

3.3 Sistemin Çalışması Ve Tek Boyutta Konumlandırma

Sesüstü Alıcı Ünitesi üzerinde bulunan hibrit kızılötesi alıcısı (LFN Corp.,2009), (+5V) besleme, (GND) ve (Çıkış) pinleri olmak üzere üç bağlantıya sahiptir. Çalışma şekli olarak besleme voltajı uygulandığı ve herhangi bir kızılötesi sinyal almadığı durumda çıkış voltajı (5Volt), 38KHz'lik kızılötesi darbeler aldığı zaman ise en az darbelerin toplam süresi boyunca 0V çıkış verir. Buna göre kızılötesi verici tarafından 1ms süreyle gönderilen 38Khz'lik darbeler şeklindeki kızılötesi sinyal alındığında çıkışında 1ms genişliğinde 0V'a düşen darbe gözlenir. Bu sinyal mikrodnetleyicinin Input Capture 1 (IC1) girişine bağlanmıştır ve sinyalin düşen kenarı ile kesme (interrupt) üretilerek ölçüm çevrimini başlatır. Benzer şekilde sesüstü alıcı tarafından alınan sinyal de bir yükselteç tarafından yükseltilerek mikrodnetleyicinin IC2 girişine uygulanmıştır. Sesüstü sinyalin yükselen kenarında kesme (interrupt) üretilerek ilgili rutinin çağrılması sağlanır.

Kızılötesi sinyalin alındığı zaman, sesüstü sinyallerin çıkış zamanları için zaman referansı oluşturmaktadır. Kesme rutini içerisinde, daha önceden sayma işlemine başlamış olan, sesüstü sinyallerin varış zamanlarını ölçecek sayıcı sıfırlanır. Sesüstü

Verici Ünitesinin zamanlama grafiğinde de gösterildiği gibi, kızılötesi sinyalden hemen sonra 1nci sesüstü verici tarafından gönderilen sinyal alıcı tarafından alınır, bu anda sayıcının değeri okunur ve S1 olarak kaydedilir. Benzer şekilde 2nci sesüstü verici tarafından gönderilen sesüstü sinyal alındığında da sayıcı değeri okunur ve S2 olarak kaydedilir. Sayıcının saydığı herbir sayı, mikrodenetleyicinin 1 komut çevrimi süresine eşittir. Bu değer 40MHz’de çalışan sistem için 25ns’dir. Buradan her iki sesüstü sinyal zamanlarının ulaşma zamanları denklem 3.1 ve 3.2’de görülmektedir.

$$T1(sn) = S1 \times 25.10^{-9} \text{ ve} \quad (3.1)$$

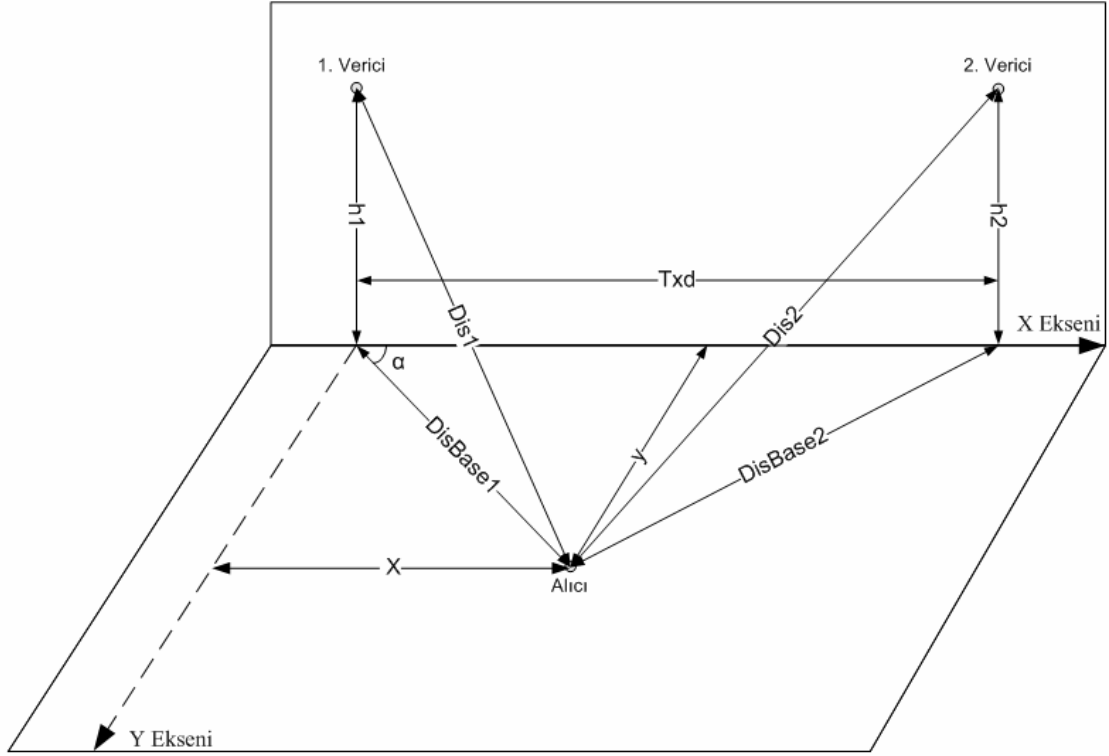
$$T2(sn) = S2 \times 25.10^{-9} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.2)$$

Sesüstü sinyalin normal koşullarda yayılma hızı yaklaşık 340 metre/saniyedir. Buna göre hesaplanan T1 ve T2 değerlerinin, alıcının 1nci ve 2nci sesüstü vericilerine olan uzaklıklarıyla ilişkisinin belirlenmesi. T1 ve T2 değerlerinden, dolayısıyla S1 ve S2 değerlerinden, alıcının 1nci ve 2nci vericilere olan uzaklıklarının hesaplanabilmesi için sistemin tek boyutta mesafe ölçümü yapabilecek şekilde kalibre edilmesi gerekmektedir. Takip eden kısımlarda Sesüstü Konumlandırma Sisteminin iki boyutta konum ölçümü, hakkında bilgi verilecektir.

3.4 İki Boyutta Konumlandırma

İki boyutta konumlandırma sistemi, sesüstü verici ünitesi ve 2 kanal sesüstü vericisi ile sesüstü alıcısından oluşmaktadır. Konumlandırmanın doğru yapılabilmesi için konumlandırma yapılacak test alanının belirlenmesi, vericilerin, oluşturulan test alanını kapsayacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Ayrıca yerleştirilen sesüstü vericiler, test alanının her bölümünde, alıcı ünitesinin görüş alanı içerisinde olmalıdır.

Sistemin genel yerleşimi Şekil 3.8’de görülmektedir. Sistemde konum hesaplamalarda kullanılacak tanımlamalar da şekilde yer almıştır.



Şekil 3.8 İki boyutta koordinat ölçümü sistemi ve tanımlamaları

İki boyutta konumlandırma yapabilmek için bir referans sistemine ihtiyaç vardır. Referans sistemi olarak birinci vericinin iz düşümü orjin kabul edilmiştir. Ayrıca birinci verici ve ikinci verici izdüşümlerinden geçen doğru X eksen ve bu doğruya dik olarak birinci verici iz düşümünden geçen doğru Y eksen olarak tanımlanmıştır. Ok yönü pozitif değeri göstermektedir. Bu referans sistemine göre birinci vericinin yüksekliği h_1 , ikinci vericinin yüksekliği h_2 ve iki verici arasındaki mesafe Txd olarak bilinmektedir.

İki boyutta sesüstü konumlandırma sisteminde, bir önceki bölümde anlatıldığı gibi tek boyutta konumlandırma bilgisi girdi olarak kullanılacaktır. Alıcı, birinci vericiye olan mesafeyi ($Dis1$) ve ikinci vericiye olan mesafeyi ($Dis2$) ölçer. Denklem 3.3'de gösterilen formülasyon kullanılarak, alıcının birinci verici izdüşümüne olan uzaklığı $DisBase1$ ve alıcının ikinci verici izdüşümüne olan uzaklığı $DisBase2$ hesaplanır.

$$DisBase1 = \sqrt{(Dis1^2 - h1^2)} \quad (3.3)$$

$$DisBase2 = \sqrt{(Dis2^2 - h2^2)}$$

Birinci ve ikinci vericinin izdüşümleri ve alıcının bulunduğu nokta bir üçgen teşkil etmektedir. Bu üçgenin kenarları olan DisBase1, DisBase2 ve Txd uzunlukları bilinmektedir. Bu veriler kullanılarak Cos teoremi kullanılarak birinci verici izdüşümü ve alıcıdan geçen doğru ile X eksenini arasındaki “ α ” (alfa) açısı denklem 3.4’de gösterildiği gibi bulunur.

$$a = \cos^{-1} \left(\frac{DisBase1^2 + Txd^2 - DisBase2^2}{2 \cdot DisBase1 \cdot Txd} \right) \quad (3.4)$$

Hesaplanan açı değeri kullanılarak denklem 3.5’de gösterilen hesaplamalarla x ve y konumları hesaplanır.

$$x = DisBase1 \cdot \cos a \quad (3.5)$$

$$y = DisBase1 \cdot \sin a$$

Takip eden bölümde tek boyutta konumlandırma ve iki boyutta konumlandırma konularında yapılan uygulamalar, kalibrasyon ve ölçüm iyileştirme faaliyetleri anlatılmaktadır.

BÖLÜM 4

SESÜSTÜ KONUMLANDIRMA SİSTEMİ UYGULAMALARI

Bu bölümde, gerçekleştirilen Sesüstü Konumlandırma Sisteminin tek boyutta mesafe ölçümü ve iki boyutta koordinat ölçüm uygulamaları anlatılmıştır. Bu çalışmalarda sistemin kalibrasyonu, kalibrasyon sonucunda elde edilen ölçüm değerleri ve ölçümün iyileştirilmesi için uygulanan geliştirmeler ile bu geliştirmelerin sonuçları aktarılacaktır.

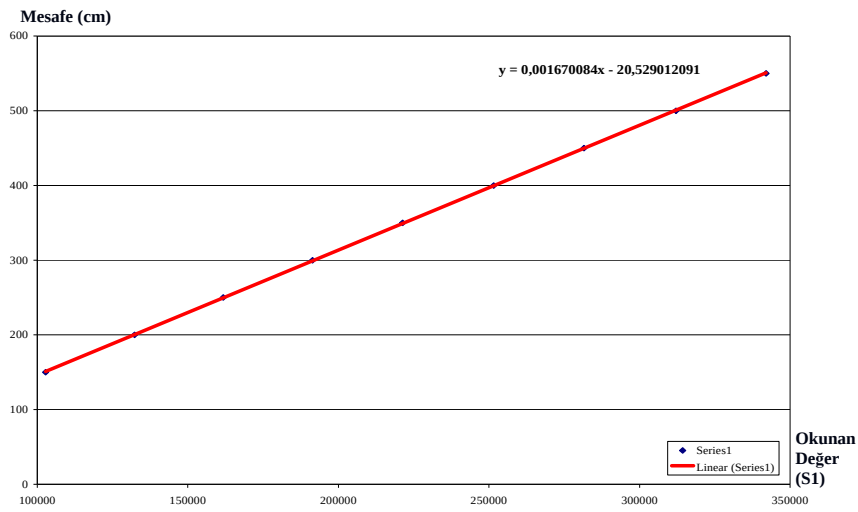
4.1. Tek Boyutta Mesafe Ölçümü Uygulaması Ve Kalibrasyonu

Kalibrasyon sırasında, uçtan uca kalibrasyon mantığı temel alınmıştır. Alıcı, LCD ekranda, her ölçüm için sayıcıda okunan S1 ve S2 değerleri gösterilecek şekilde programlanmıştır. Hesaplama girdileri olarak sayıcılardan elde edilen S1 ve S2 değerleri ve çıktı olarak S1 ve S2'ye karşılık gelen mesafe ölçümleri kullanılmıştır. Böylelikle sistemin tüm hatalarını ve verici zamanlamalarını kapsayacak şekilde, kalibrasyon bilgileri formülize edilmiştir.

Şekil 3.5'de verilen Sesüstü Verici Ünitesi zamanlama grafiğinden de bilindiği gibi bir çevrim zamanı 51msn'dir. Buna göre 1sn'lik süre içerisinde yaklaşık olarak 20 adet ölçüm alınabilmektedir. Ölçümlerde daha doğru değer elde etmek amacıyla S1 ve S2 değerleri, son 20 değerlerin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Sesüstü Alıcı Ünitesi LCD ekranında S1 ve S2 değerlerini gösterecek şekilde programlanmıştır. Ekran tazeleme hızı, 1sn'dir.

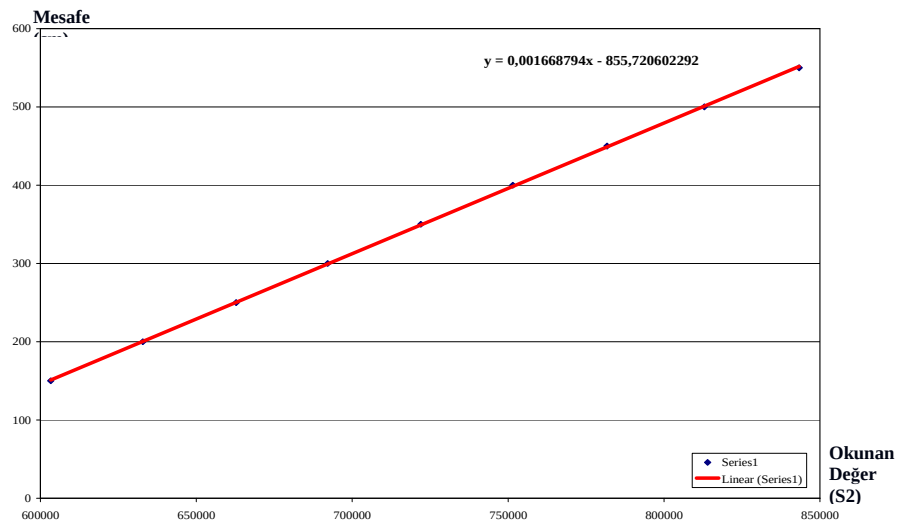
Tek boyutta mesafe ölçümü ve kalibrasyonu için, sesüstü vericisi ve sesüstü alıcısı birbirlerini direk görecek şekilde yerleştirilmiştir. Testler 22°C oda sıcaklığı ve % 30 nem koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bu düzenele 150cm'den başlayarak 50cm aralıklarla 550cm'ye kadar 9 farklı mesafede Sesüstü Alıcı Ünitesi ekranında gösterilen

ardışık 20 S1 değeri kaydedilerek ortalaması alınmıştır. Bu değerlerin ölçüldüğü mesafeler grafikte işaretlenerek bu noktalardan karelerinin farkları en az olacak şekilde (LSE) bir doğru çizildiğinde 1nci kanal için Şekil 4.1’de gösterilen ölçüm ve kalibrasyon grafiği elde edilir. Bu grafikteki doğru denklemi 1nci kanal için istenilen kalibrasyon formülasyonunu vermektedir.



Şekil 4.1 1nci kanal ölçüm ve kalibrasyon grafiği

Benzer şekilde aynı ölçüm işlemleri 2nci kanal için de tekrarlanmış ve Şekil 4.2’de gösterilen ölçüm ve kalibrasyon grafiği elde edilmiştir.



Şekil 4.2 2nci kanal ölçüm ve kalibrasyon grafiği

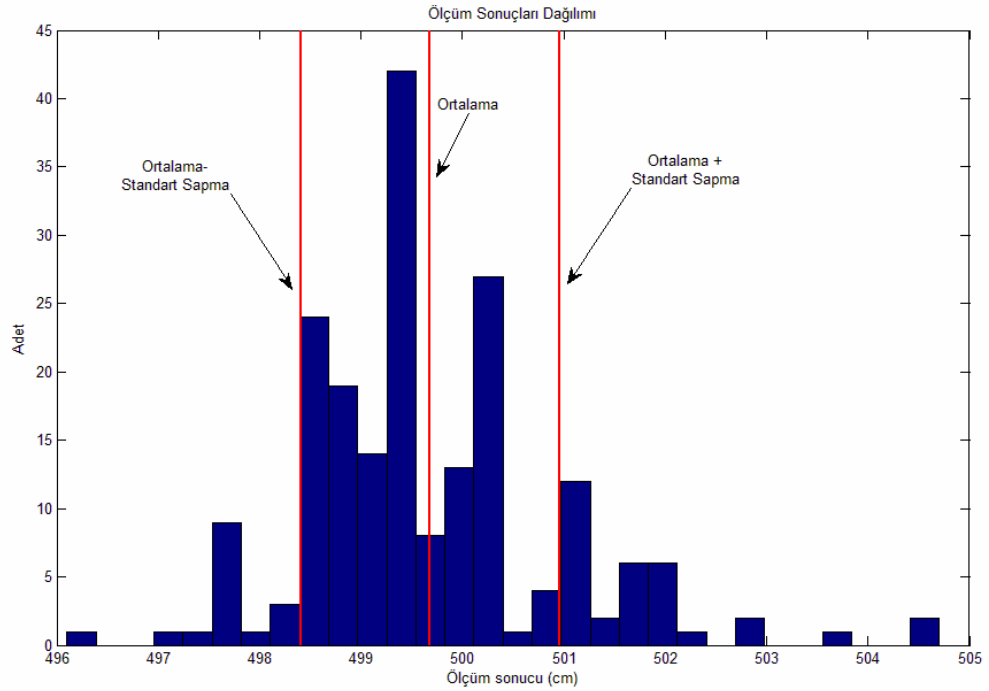
Sonuç olarak birinci kanal için denklem 4.1’de verilen kalibrasyon dönüşümü ve ikinci kanal için denklem 4.2’de verilen kalibrasyon formülü elde edilmiştir.

$$\text{1nci kanal} : y = 0,001670084x - 20,529012091 \quad (4.1)$$

$$\text{2nci kanal} : y = 0,001668794x - 855,720602292 \quad (4.2)$$

4.2 Tek Boyutta Mesafe Ölçümü İyileştirme Çalışması

Ölçüm sonuçlarının dağılımını görmek ve sonuçlarda iyileştirme yapabilmek amacıyla, 5m mesafede 200 adet doğrudan ölçüm alınarak (ortalama almadan) ölçüm sonuçlarının dağılımı incelenmiştir. Şekil 4.3’de herhangi sıralı 200 ölçümün dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.3 Herhangi sıralı 200 ölçüm dağılımı

Dağılım incelendiğinde dağılımın ortalama etrafında toplandığı, ortalama değere uzak olan ölçümlerin hatalı değer olarak kabul edilerek ortalama hesaplanmasında hesaplamada dikkate alınmaması ile daha doğru ölçüm yapılabileceği değerlendirilmiştir.

200 ölçüme ait ortalama değer ve standart sapma hesaplanarak aşağıda verilmiştir.

Ölçülen gerçek mesafe	: 500cm
200 ölçüm ortalama değeri	: 499.68cm
Standart sapma	: 1.274cm

Ortalamaya standart sapmadan daha uzakta olan ölçüm değerleri incelendiğinde

(Ölçüm değeri < Ortalama değer – Standart sapma) koşulunda : 21 değer

(Ölçüm değeri > Ortalama değer + Standart sapma) koşulunda : 32 değer

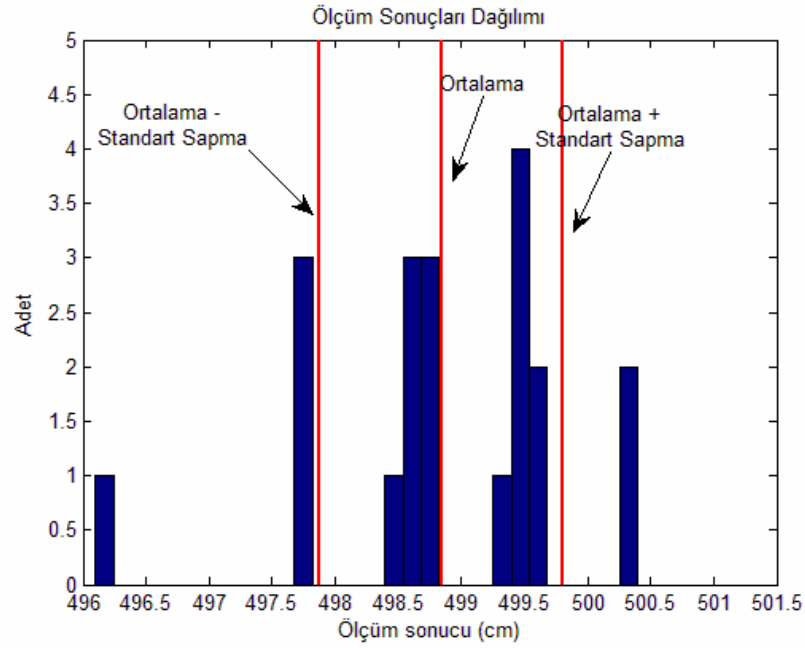
Toplam olarak = 53 değer gözlenmiştir.

Bu ölçümler, toplam ölçümlerin ($53/200 = 0.2650$) % 26.50'sini oluşturmaktadır.

Konum hesaplanmasında ölçülen 20 değerın kullanılması sebebiyle aynı yöntemi herhangi sıralı 20 ölçüm için uyguladığımızda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4.4'de herhangi sıralı 20 ölçüm dağılımı görülmektedir. Bu ölçümlerden elde edilen 20 değer için;

Ortalaması değer	= 498.84cm
Ölçüm hatası	= $500 - 498.84 = 1.16$ cm
Standart sapma	= 0.9646cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4 Herhangi sıralı 20 ölçüm dağılımı

Bu 20 ölçüm için ortalama değere, standart sapmadan daha uzak olan değerler 6 adettir. Bu değerler atılarak yeniden ortalama değer hesaplandığında

Ortalama değer = 499.0429 olarak bulunur.

Buna göre ölçüm hatası

$500 - 499.0429 = 0.9571\text{cm}$ olarak bulunur.

Önceki ölçümle kıyaslandığında

Hata farkı = $1.16 - 0.95$
 = 0.21cm olarak bulunur.

Sonuç olarak ortalamaya, standart sapmadan uzakta olan ölçümler dikkate alınmadan hesaplama yapıldığında ölçüm değerinde 0.21cm'lik iyileştirme sağlanmıştır.

Aynı iyileştirme yöntemi farklı mesafelerdeki ölçümler için de değerlendirilmiş ve ölçüm hatalarında azalma olduğu gözlenmiştir.

Ölçümlerde elde edilen kalibrasyon formüllerine göre ölçülen mesafeler hesaplandığında 1nci kanal için elde edilen değerler Çizelge 4.1’de, 2nci kanal için elde edilen değerler ise Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.1 1nci kanal ölçüm sonuçları

Gerçek Değer (cm)	Ölçülen Değer (cm)	Hata Miktarı (cm)
150	151,04	1,04
200	200,42	0,42
250	249,63	0,37
300	299,11	0,89
350	349,02	0,98
400	399,64	0,36
450	449,63	0,37
500	500,67	0,67
550	550,66	0,66

Çizelge 4.2 2nci kanal ölçüm sonuçları

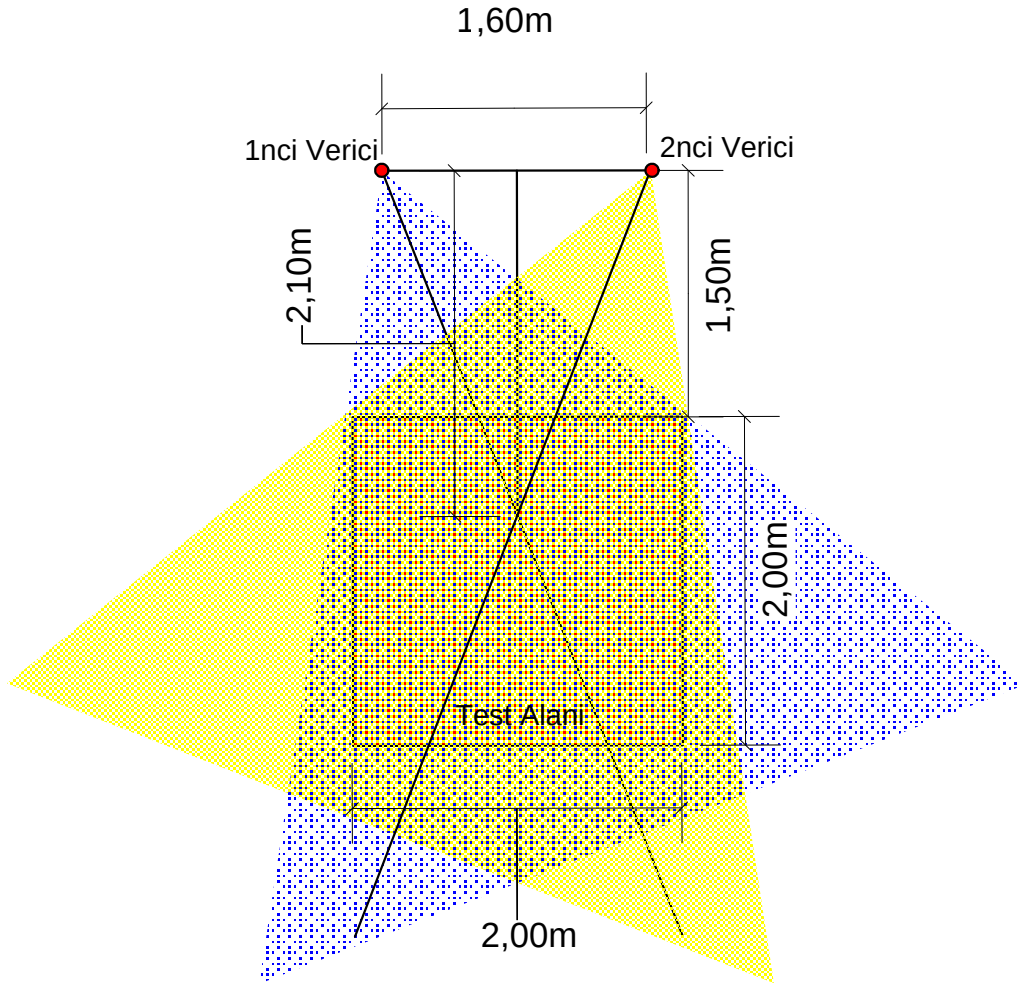
Gerçek Değer (cm)	Ölçülen Değer (cm)	Hata Miktarı (cm)
150	151,23	1,23
200	200,50	0,50
250	250,48	0,48
300	299,41	0,59
350	349,31	0,69
400	398,56	1,44
450	448,99	1,01
500	501,04	1,04
550	551,83	1,83

Her iki tablodan da görüldüğü gibi Sesüstü Konumlandırma Sistemi her bir sesüstü verici kanalı için tek boyutta ± 2 cm doğrulukta ölçüm yapmaktadır.

Kalibrasyon değerleri sisteme girildikten sonra Sesüstü Alıcı Modülü ekranında, alıcının 1nci ve 2nci vericiye olan mesafe ölçümleri doğrudan okunabilir hale gelmiştir. Bu ölçüm değerleri iki boyutta koordinat ölçümü için kullanılacaktır. Takip eden kısımda Sesüstü Konumlandırma Sisteminin yerleşimi ve iki boyutta koordinat ölçümü uygulamaları anlatılacaktır.

4.3. İki Boyutta Koordinat Ölçümü Uygulaması

İki boyutta ölçümlendirme sisteminde vericilerin ve alıcının görüş alanı göz önünde bulundurularak, vericileri tüm test alanını kapsayacak şekilde yerleştirilmesi ve alıcının da bu test alanı içerisindeki her noktada, her iki veriyi de birden görmesi gerekmektedir. Vericilerin görüş açıları katalog değeri 85° olarak verilmesine rağmen, 60° tasarım yapılmıştır. Bu koşulların belirlenebilmesi için bilgisayar ortamında çizim yapılarak görüş alanları ve test alanı belirlenmiştir. Şekil 4.5’da belirlenen test alanının boyutları ve kritik mesafeleri görülmektedir.



Şekil 4.5 İki boyutlu konumlandırma sistemi yerleşim planı

Şekil 4.5’den da görüleceği gibi test alanı 2m x 2m olarak belirlenmiştir. Vericiler aralarında 160cm mesafe olacak şekilde test alanı düzleminden 1m yüksekliğe konumlandırılmıştır. Vericilerin izdüşümü çizgisi ile test alanı arasında 150cm mesafe olacak şekilde test alanı belirlenmiştir. Bu alan her iki vericinin görüş alanı içerisindedir. Vericilerin bakış doğrultusu, iki vericini izdüşümlerinin orta noktasından 210cm uzaklıktaki noktadan geçecek vericiler ayarlanmıştır.

4.4. İki Boyutta Koordinat Ölçümü Sonuçları

Sesüstü Alıcı Ünitesi, Bölüm 3.4’de anlatılan, iki boyutta koordinat hesaplamalarını yapabilecek şekilde programlanarak iki boyutta koordinat ölçümü testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler elde edilen değerler ve ölçüm hataları Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 İki boyutta koordinat ölçüm sonuçları

Konum		Ölçüm Sonuçları		Mutlak Hata Miktarı		
X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)	HATA (cm)
0	0	0,00	1,70	0,00	1,70	1,70
0	50	1,00	51,30	1,00	1,30	1,64
0	100	1,50	100,00	1,50	0,00	1,50
0	150	0,90	148,90	0,90	1,10	1,42
0	200	1,00	198,50	1,00	1,50	1,80
50	0	50,20	1,70	0,20	1,70	1,71
50	50	50,00	50,30	0,00	0,30	0,30
50	100	51,10	99,80	1,10	0,20	1,12
50	150	51,60	149,30	1,60	0,70	1,75
50	200	49,80	198,50	0,20	1,50	1,51
100	0	100,10	1,40	0,10	1,40	1,40
100	50	99,90	49,90	0,10	0,10	0,14
100	100	100,10	99,50	0,10	0,50	0,51
100	150	100,20	149,00	0,20	1,00	1,02
100	200	99,50	198,40	0,50	1,60	1,68
150	0	149,20	1,40	0,80	1,40	1,61
150	50	150,15	50,00	0,15	0,00	0,15
150	100	148,20	99,70	1,80	0,30	1,82
150	150	150,40	149,57	0,40	0,43	0,59
150	200	150,50	198,30	0,50	1,70	1,77
200	0	200,20	1,40	0,20	1,40	1,41
200	50	200,10	50,90	0,10	0,90	0,91
200	100	200,30	99,50	0,30	0,50	0,58
200	150	200,40	149,80	0,40	0,20	0,45
200	200	199,60	198,80	0,40	1,20	1,26
Maksimum Hata				1,80	1,70	1,82

Çizelge 4.3'den de görüleceği gibi 2m x 2m'lik test alanında, ölçüm hassasiyeti X ekseninde 1.8cm ve Y eksenlerinde 1.7cm olarak gözlenmiştir. Genel anlamda söylerse X ve Y yönünde doğruluk ± 2 cm olarak gözlenmiştir. Bu değerler test alanında gözlenen en fazla hatayı kapsayacak değerdir. Yapılan ölçümlerde test alanının yaklaşık %70'lik bölümünde ± 1 cm doğrulukta ölçüm yapılabildiği gözlenmiştir.

Yapılan koordinat ölçümlerinin, koordinata göre hata dağılımı Çizelge 4.4'de görülmektedir. Değerler incelendiğinde en fazla hata değerinin 1.82cm olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4 İki boyutta koordinat ölçümlerinin, koordinata göre hata dağılımı

(0,0) 1,70cm	(50,0) 1,71cm	(100,0) 1,40cm	(150,0) 1,61cm	(200,0) 1,41cm
(0,50) 1,64cm	(50,50) 0,30cm	(100,50) 0,14cm	(150,50) 0,15cm	(200,50) 0,91cm
(0,100) 1,50cm	(50,100) 1,12cm	(100,100) 0,51cm	(150,100) 1,82cm	(200,100) 0,58cm
(0,150) 1,42cm	(50,150) 1,75cm	(100,150) 1,02cm	(150,150) 0,59cm	(200,150) 0,45cm
(0,200) 1,80cm	(50,200) 1,51cm	(100,200) 1,68cm	(150,200) 1,77cm	(200,200) 1,26cm

Vericiye en yakın ve en uzak noktalarda hata miktarının genel dağılıma göre daha fazla olduğu, bununla beraber test alanı ortalarında 1cm altında konum tespit edilebildiği de çıkartılan sonuçlar arasındadır. Ölçüm sonuçlarının iyileştirmesi için yapılabilecek geliştirmeler öneriler kısmında belirtilmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen sesüstü konumlandırma sisteminde, sesüstü ve kızılötesi sinyaller kullanılarak tek boyutta ve iki boyutta konumlandırma sistemi gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

Sistemin tek boyutta ölçüm sonuçları 1.5m - 5.5m aralığında, ± 2 cm doğrulukta elde edilmiştir.

Sistemin iki boyutta koordinat ölçümleri 2m x 2m'lik test alanında uygulanmış, Yapılan ölçümlerde karşılaşılan en fazla hata X ekseninde 1.8cm ve Y eksenlerinde 1.7cm olarak gözlenmiştir. Geneli kapsayacak şekilde ifade edersek, X ve Y yönünde doğruluk ± 2 cm olarak gözlenmiştir. Bu değerler test alanında gözlenen en fazla hatayı kapsayacak değerdir. Yapılan ölçümler test alanının yaklaşık %70'lik bölümünde ± 1 cm doğrulukta ölçüm yapılabildiği gözlenmiştir.

Yapılan, iki boyutta koordinat ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.3'de ve koordinata göre hata dağılımı Çizelge 4.4'de görülmektedir. Değerler incelendiğinde en fazla mutlak hata değerinin 1.82cm olduğu gözlenmiştir. Vericiye en yakın ve en uzak noktalarda hata miktarının genel dağılıma göre daha fazla olduğu, bununla beraber test alanı ortalarında 1cm altında konum tespit edilebildiği de çıkartılan sonuçlar arasındadır.

Gerçekleştirilen sesüstü konumlandırma sisteminde birden fazla alıcının aynı zamanda bulunması ve konumlarını hesaplamaları mümkündür. Konum hesaplama işlemi alıcı tarafında yapıldığı için herhangi bir haberleşmeye ihtiyaç duymadan gerçek zamanlı olarak konum hesaplamak mümkündür. Ölçümün tazeleme hızı 1sn'dir.

Kullanılacak sistemin ihtiyacına göre farklı hesaplama algoritmaları ile tazeleme hızının ve ölçüm doğruluğunun geliştirilmesi mümkündür.

Geliştirilen sistem özellikle robotik laboratuvarları için ideal bir konumlandırma sistemidir. Günümüzde üniversitelerin elektronik mühendisliği yada mekatronik mühendisliği bölümlerinde robotik laboratuvarları oldukça yaygınlaşmıştır. Bu laboratuvarlarda robotlar için konumlandırma temel problemlerden birisidir. Robotik laboratuvarlarında konumlandırma için çeşitli çözümler kullanılmakla beraber, geliştirilecek olan sistem özellikleri itibariyle mevcut çözümlere göre üstünlükleri olacağı değerlendirilmektedir.

Piezofilm (PVDF) 360 derece görüş açısına sahip sesüstü çevirici (Omni-directional Horizontal Beam Directivity) kullanılarak, verici yönüne bağlı kalınmadan ölçüm yapılabilir.

Bu uygulamada 40KHzlik sesüstü sinyal kullanılmıştır. Daha yüksek frekanslı sesüstü sinyal kullanılarak ölçüm hassasiyetinin artırılması mümkündür. Ayrıca veri değerlendirme algoritmaları geliştirilerek ölçüm hassasiyetinin artırılması mümkündür.

Geliştirilen sistem bir çok sesüstü konumlandırma uygulaması için uygun alt yapıya sahiptir. Bu sayede yazılım değişikliği ile farklı uygulamalar denenebilir. Örneğin, sistem 4 kanal sesüstü vericisine sahiptir. Bu sayede kızılötesi sinyale ihtiyaç duymadan konum ölçümü yapabilecek yazılım geliştirilebilir. Benzer şekilde, üç boyutta konumlandırma yapabilecek yazılımın geliştirilmesi için de uygundur. Bu uygulama örnekleri artırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

3U-blox AG., <http://www.u-blox.com/>, 2009

Atmel Corporation., <http://www.atmel.com/> , 2009

Borenstein, H. R. Everett, L. Feng, “Where am I?: Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning”, 1996.

Demirli, I.B. Turken, Sonar based mobile robot localization by using fuzzy triangulation, Robotics And Autonomous Systems, 33 (2-3), pp.109-123, 2000.

EkaHau, Inc. EkaHau Positioning Engine 2.0. <http://www.ekahau.com/> , 2009

Fukuju, M. Minami, H. Morikawa, T. Aoyama, DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment, IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded Systems, pp.53-56, 2003.

Harter and A. Hopper. A New Location Technique for the Active Office, IEEE Personal Communications, 4(5):43–47, October 1997.

Horn, G. Schmidt, Continuous Localization of A Mobile Robot Based On 3d-Laser-Range-Data, Predicted Sensor Images, And Dead-Reckoning, Robotics And Autonomous Systems 14 (2-3): 99-118 May 1995

Kam, P. Kalata, Sensor fusion for mobile robot navigation, Proceedings of the IEEE, 85 (1), pp.108-119,1997.

Kim, J.S. Choi, S.I Ko, M. Park, Improved active beacon system using multi-modulation of ultrasonic sensors for indoor localization, SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference 18-21, pp.1366–1371, 2006.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Larsson, J. Forsberg, A. Wernersson, Mobile robot localization: integrating measurements from a time-of-flight laser, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 43(3), pp. 422 – 431, 1996.

LFN Corp., VS1838 Infrared Receiver Module Datasheet, 2009

LOCATA, <http://www.locatacorp.com/> , 2009

McCarthy, P. Duff, H. L. Muller, and C. Randell, Accessible Ultrasonic Positioning, Published by the IEEE CS and IEEE ComSoc, pg. 86-93, 2006

MetLab Ltd., <http://www.metlab.com.tr>, 2009

Microchip Technology Inc., Datasheet 1, dsPIC30F6011A/6012A/6013A/6014A Data Sheet, High-Performance, 16-Bit Digital Signal Controllers, 2008

Microchip Technology Inc., Datasheet 2, dsPIC30F Family Reference Manual, High-Performance Digital Signal Controllers, 2006

MikroElektronika, User Manual 1, MicroC Compiler for Microchip dsPIC30/33 and PIC24 User's Manual, 2006

MikroElektronika, User Manual 2, dsPICFlash User's Manual, 2008

MikroElektronika, User Manual 3 MicroICD, In Circuit Debugger User's Manual, 2008

Neira, J.D. Tardos, J. Horn, et al., Fusing range and intensity images for mobile robot localization, IEEE Transactions on Robotics And Automation, 15 (1), pp.76-84, 1999.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Parlaktuna, T. Bilir, A.Yazıcı, Localization of A Mobile Robot Using Natural Landmarks And Sensor Fusion, ELECO2005, 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 7-11 December 2005, Bursa, TURKEY

Priyantha, The Cricket Indoor Location System, Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology, 2005.

Q-Track, <http://www.q-track.com/>, 2009

SnapTrack, <http://www.snaptrack.com/>, 2009

Wolf, W. Burgard, H. Burkhardt, Using an image retrieval system for vision-based mobile robot localization, Lecture Notes In Computer Science, 2383, pp.108-119, 2002.

Wu, C.C. Tsai, Localization of an Autonomous Mobile Robot Based on Ultrasonic Sensory Information, Journal of Intelligent and Robotic Systems 30: 267-277, 2001

Yazıcı, O. Parlaktuna, Mobile Robot Localization Using Laser Range Finder And Artificial Landmark, IKECCO'2005 (International Conference On Electronics And Computer In Kyrgyzstan), May 2005.

Yufka, O. Dobrucalı, B. Kaleci, M. Özkan, O. Parlaktuna, Gezgin Robotlar için Görüntü Tabanlı Konumlandırma Sistemi, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK'08) Bildiriler Kitabı İstanbul, Kasım 2008, sayfa:47-51.