

BİNA İÇİ KONUMLANDIRMA SİSTEMİ

İSTEMİHAN ŞAKİR KÖK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2009
ANKARA**

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Prof. Dr. Yücel ERCAN
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Doç. Dr. Erdoğan DOĞDU
Anabilim Dalı Başkanı

İstemihan Şakir KÖK tarafından hazırlanan BİNA İÇİ KONUMLANDIRMA
SİSTEMİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. A.Murat ÖZBAYOĞLU
Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan :Yrd. Doç. Dr. Tolga GİRİCİ

Üye :Yrd. Doç. Dr. A.Murat ÖZBAYOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

.....
İstemihan Şakir KÖK

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü : Fen Bilimleri
Anabilim Dalı : Bilgisayar Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. A. Murat ÖZBAYOĞLU
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Haziran 2009

İstemihan Şakir KÖK

BİNA İÇİ KONUMLANDIRMA SİSTEMİ

ÖZET

Konulandırma sistemleri, anlık yer tespiti işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan teknolojilerdir. Bu sistemlerin en bilineni Küresel Yer Belirleme Sistemi olarak bilinen GPS'tir. Küresel Yer Belirleme Sistemi, çok geniş bir alanda pozisyon belirleme işlemini gerçekleştirir. Fakat Küresel Yer Belirleme Sisteminin bina içi pozisyon tespit işlemlerinde kullanımı mümkün değildir. Bina içi konumlandırma sistemleri için farklı yöntemler ve araçlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada bina içi ortamlara uygun gerçek zamanlı bir konum belirleme sistemi oluşturulması amaçlanmıştır. Anlık pozisyon bilgilerinin çalışılan ortamın haritasının üzerinde takip edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla TOBB ETU yerleşkesinin Mühendislik Fakültesinin yer aldığı 1. katın sınırlı bir alanında bina içi konumlandırma sistemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kablosuz bağlantı özeliği bulunan hareket halindeki bir dizüstü bilgisayarın anlık pozisyonu tespit edilmeye çalışılmıştır. Hazırlanan yazılımda çalışılan ortamda bulunan erişim noktalarından elde edilen sinyal gücü değerlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla pozisyon tahmin işlemlerinden önce ortamda bulunan erişim noktalarının sinyal gücü değerleri belli noktalardan gözlenmiştir. Bu değerler saklanarak pozisyon tahmin işlemi esnasında anlık sinyal gücü değerleri ile karşılaştırılmış ve hareketli cihazın anlık pozisyon bilgisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Pozisyon tespit işlemleri için farklı yöntemler denenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada pozisyon tahmin işlemlerinde

kullanılan yöntemler Öklit mesafesi hesabına dayanmaktadır. Bu yöntemlere ek olarak yapay sinir ağlarının kullanımının sisteme olan etkileri de gözlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda ortalama yaklaşık 3 m.lik hata oranı ile pozisyon tahmin işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan bu çalışmanın herhangi bir donanıma ihtiyaç duymaması ve var olan kablosuz iletişim yapısıyla bu hata oranının elde edilebilmesi böyle bir sistemin, bina içi pozisyon tespit işlemleri için kullanılabilirliğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Bina içi konumlandırma, Öklit mesafesi, kablosuz bağlantı, pozisyon tahmin, sinyal gücü, RSSI, yapay sinir ağları

University : **TOBB Economics and Technology University**
Institute : **Institute of Natural and Applied Sciences**
Science Programme : **Computer Engineering**
Supervisor : **Asist. Prof. A. Murat ÖZBAYOĞLU**
Degree Awarded and Date : **M.Sc. – June 2009**

İstemihan Şakir KÖK

INDOOR POSITIONING SYSTEM

ABSTRACT

Positioning systems are technologies that are used for determining the instant position. The most known positioning system is Global Positioning System, also known as GPS. Global Positioning System is used for estimating of position in a wide area. However it is not possible to use Global Positioning System in indoor positioning. There are different methods and devices used in indoor positioning systems. In this study, it is aimed to develop a real time positioning system that is suitable for indoor locations. Tracking the instant position on a map is also aimed. In this study, an indoor positioning system is implemented in a finite area that is placed on the first floor of Engineering Faculty of TOBB ETU. In the study, the instant position of a mobile laptop that is capable of wireless connection is determined. In the software the signal strengths that are obtained from access points in the building are used. Before the position estimation, signal strengths of access points are observed at some locations. These values are stored and associated with instant signal strengths in order to estimate the position of mobile device. During position estimation, different algorithms are used and results are compared with each other. In this study, the methods used for position estimation are based on the Euclid distance. In addition to these methods, the results from neural networks are also analyzed. At

the end of study, the position estimations with an average error of approximately 3 m. are accomplished. The ability of obtaining this error rate with the present wireless communication infrastructure and the fact that the prepared work would not need any hardware lead to the conclusion on the possible usability of such a system with the indoor positioning.

Keywords: Indoor positioning, Euclid distance, wireless communication, position estimation, signal strength, RSSI, neural networks

TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Murat Özbayoğlu'na, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, bana verdikleri manevi destekten dolayı aileme ve özellikle canım ablam Nihan'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
RESİMLER LİSTESİ.....	xii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xiii
TERİMLERİN İNGİLİZCE KARŞILIKLARI.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 GİRİŞ VE TEZİN AMACI	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ VE ALGORİTMALARI	3
2.2 KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	3
2.2.1 Sinyal Metriklerine Göre Sınıflandırma.....	4
2.2.1.1 Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yöntemi	4
2.2.2.2 Variş Açısı Konumlandırma Yöntemi	5
2.2.2.3 Sinyal Variş zamanı / Sinyal Variş zamanındaki fark Konumlandırma Yöntemi.....	6
2.2 SENSOR TİPLERİNE GÖRE SINIFLANDIRMA.....	9
2.2.1 Kızılötesi Sensorlar	9
2.2.2 Ultrason Sensorlar	9
2.2.3 Bluetooth.....	10
2.2.4 Ultra Geniş Bant (UWB).....	11
2.3 KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI.....	11
2.3.1 Hücre-Kimlik Tabanlı Sistemler.....	12
2.3.2 Yaklaşma.....	12
2.3.3 Üçgenleme.....	13
2.3.3.1 Yanlılama	14

2.3.3.2 Açılama	15
2.3.4 Üçyanlılama	16
2.3.5 Parçacık Filtreleme.....	17
2.3.6 Yer Parmak izi tekniği	17
2.3.7 Pozisyon Tespit İşlemlerinde Kullanılan Diğer Yaklaşımlar.....	19
2.3.7.1 Yapay Sinir Ağları	20
2.4 GELİŞTİRİLEN BİNA İÇİ TAKİP SİSTEMİ UYGULAMALARI.....	24
2.4.1 Microsoft Research Radar.....	24
2.4.2 Ekahau Konumlandırma Sistemi.....	26
2.4.3 Place Lab.....	27
2.4.4 MIT Cricket.....	28
3. UYGULAMA.....	30
3.1 ALAN ARAŞTIRMASI.....	30
3.2 VERİ TOPLAMA	36
3.2.1 Veri Toplama Evresi Sonucu Elde Edilen Sonuçlar	39
3.3 POZİSYON TAHMİN İŞLEMİ	47
3.3.2 Pozisyon Tahmin İşleminde Kullanılan Yöntemler	48
3.3.2.1 Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Yöntemi	49
3.3.2.2 Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Yöntemi	51
3.3.2.3 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yöntemi	57
3.3.2.4 Sinyal Gücü Değerine Göre Yer Tahmin Yöntemi.....	62
3.4 YÖNTEMLERİN DENENMESİ.....	68
3.5 YAPAY SİNİR AĞLARI İLE POZİSYON TAHMİN İŞLEMİ	72
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	74
4.1 YAPILAN ÇALIŞMA VE SONUÇLAR.....	74
4.2 İLERİDE YAPILACAK ÇALIŞMALAR	80
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ.....	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Varış açısı Konumlandırma Yöntemi	6
Şekil 2 Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi	7
Şekil 3 Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemi.....	8
Şekil 4 Yanlılama.....	15
Şekil 5 Açılama.....	16
Şekil 6 Network Stumbler.....	31
Şekil 7 Pozisyon tahmini sonucu elde edilen noktanın sınıra çekilmesi.....	55
Şekil 8 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yönteminde Kullanılan Noktalar	58
Şekil 9 Sinyale Göre Yer Tahmin Yönteminde Kullanılan Noktalar	63

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1 Yapay Sinir Ağı Yapısı.....	20
Resim 2 Nöron Yapısı.....	21
Resim 3 Çok Katmanlı Yapı	22
Resim 4 Geri İlerlemeli Yapı	23
Resim 5 Veri Toplama İşleminde Kullanılan Harita.....	33
Resim 6 Pozisyon Tahmin İşleminde kullanılan Harita.....	34
Resim 7 Çalışılan Alan	35
Resim 8 Çalışılan Alanın Üç Boyutlu Görüntüsü	35
Resim 9 Sinyal Gücü Alınan Noktaların Harita Üzerinde Gösterimi	38

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1 Toplam Veri Sayısına Göre Ortalama Sinyal Gücü Değişim Grafiği	39
Grafik 2 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	40
Grafik 3 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 4'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	41
Grafik 4 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 5'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	41
Grafik 5 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	42
Grafik 6 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 4'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	43
Grafik 7 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 2'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	43
Grafik 8 Y Koordinatı Boyunca Zemin Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	44
Grafik 9 Y Koordinatı Boyunca Zemin Kat 2'den gelen Sinyal Gücü Değerleri	44
Grafik 10 Y Koordinatı Boyunca Sinyal Güçlerinde Gözlenen Değişimler	45
Grafik 11 Y Koordinatı Boyunca Sinyal Güçlerinde Gözlenen Değişimler	46
Grafik 12 Yer Tahmin İşlemi Güncelleme Süresinin Hata Oranına Etkisi	48
Grafik 13 Her bir Güncellemede ki Hata Oranı	50
Grafik 14 Veri Sayısının Hata Oranına Etkisi	52
Grafik 15 Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı	53
Grafik 16 Veri Sayısının Hata Oranına Etkisi	56
Grafik 17 Her bir güncellemede ki hata oranı	57
Grafik 18 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yönteminde Mesafe Faktörünün Hata Oranına Etkisi	59
Grafik 19 10m.'lik Mesafe Değeri için Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı	60
Grafik 20 30m.'lik Mesafe Değeri için Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı	61
Grafik 21 Sinyale Göre Yer Tahmini Yönteminde Mesafenin Hata Oranına Etkisi .	64
Grafik 22 Sinyale Göre Yer Tahmini Yönteminde Nokta Sayısının Hata Oranına Etkisi	65
Grafik 23 Her Bir Güncelleme Sonucu Elde Edilen Hata Oranları	67
Grafik 24 Her Bir Güncelleme Sonucu Elde Edilen Hata Oranları	67
Grafik 25 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen Ortalama Hata Oranları	69

Grafik 26 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen En Yüksek Hata Oranları.....	70
Grafik 27 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen Ortalama Hata Oranları.....	71
Grafik 28 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen En Yüksek Hata Oranları.....	72
Grafik 29 Farklı test verileri için elde edilen hata oranları	73
Grafik 30 Hata Oranlarının Yüzdesel Dağılımı	76
Grafik 31 Hata Oranlarının Yüzdesel Dağılımı	77
Grafik 32 Hata Oranlarının Yüzdesel Dağılımı	78
Grafik 33 Hata Oranlarının Yüzdesel Dağılımı	79

TERİMLERİN İNGİLİZCE KARŞILIKLARI

Açılama: Angulation

Hücre-Kimlik Tabanlı: Cell-ID Based

Parçacık Filtreleme: Particle Filter

Üçgenleme: Triangulation

Üçyanlılama: Trilateration

Yaklaşma : Proximity

Yanlılama: Lateration

Yer Parmak İzi Tekniği: Location fingerprinting

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1 GİRİŞ VE TEZİN AMACI

Konulandırma sistemleri bir nesnenin bulunduğu yerin tespiti amacıyla kullanılan teknolojilerdir. Yer tespit işlemleri, konumlandırma sistemlerinin içerdiği donanım ve yazılımlar sayesinde yapılmaktadır. Konumlandırma sistemleri çok geniş bir alanda pozisyon tespit işlemi yapabilirken, çok daha dar bir alanda pozisyon tespit işlemleri yapan sistemler de bulunmaktadır.

Bu sistemlerin en bilineni Küresel Yer Belirleme Sistemi olarak bilinen GPS'tir. Küresel Yer Belirleme Sistemi, çok geniş bir alanda pozisyon belirleme işlemini gerçekleştirir. Küresel Yer Belirleme Sistemi, uydular vasıtasıyla pozisyon belirleme işlemini yaparlar. Bu sistem uydulara bilgi yollayarak, uydular arasındaki mesafeyi ölçer ve dünya üzerindeki pozisyon bilgisinin elde edilmesini sağlar.

Küresel Yer Belirleme Sisteminin bina içi pozisyon tespit işlemlerinde kullanımı mümkün değildir. Bina içi konumlandırma sistemleri için farklı yöntemler ve araçlar kullanılmaktadır. Ayrıca Küresel Yer Belirleme Sistemi ve bina içi konumlandırma sistemlerinin karşılaştıkları sorunlar da birbirinden farklıdır.

Bu çalışmada TOBB ETÜ yerleşkesinin belirli bir alanında bina içi konumlandırma sistemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kablosuz bağlantı özeliği bulunan hareket halindeki bir dizüstü bilgisayarın anlık pozisyonu tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. bölümde literatür taramasına yer verilmiştir. Bu bölümde konumlandırma sistemlerinin tanımı ve sınıflandırmalarından bahsedilmiştir. Bunun yanında üçgenleme, üçyanlılama, yer parmak izi tekniği gibi konumlandırma yöntemleri açıklanmıştır. Son olarak yapılan bina içi konumlandırma çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

3. bölüm tezde yapılan çalışmaların anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde ilk olarak üzerinde çalışılan alan hakkında bilgilerin elde edildiği alan araştırması evresi anlatılmıştır. Bölümün devamında veri toplama işlemlerinden bahsedilmiştir. Veri Toplama başlığı altında, veri toplama evresi sonucu ulaşılan sonuçlar yorumlanmıştır. Pozisyon tahmin işlemlerinin anlatıldığı Pozisyon Tahmin İşlemi kısmında tez çalışmasında yapılan pozisyon tahmin işlemlerinin dayandığı yöntemler ele alınmıştır. Bu yöntemlerin ayrıntılı açıklamalarının ardından yöntemlerin pozisyon tahmin işleminde kullanılmaları sonucu elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Bu bölümde son olarak yapay sinir ağlarının kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Sonuçlar ve Tartışma bölümü olan son bölümde yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. Bunlara ek olarak çalışmanın eksikleri açıklanmış ve ileride yapılabilecek çalışmalar önerilmiştir.

BÖLÜM 2

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ VE ALGORİTMALARI

Konulandırma sistemleri bir terminalin bulunduğu yerin tespiti amacıyla kullanılan teknolojileri ve algoritmaları içermektedir. Konulandırma sistemleri, hareketli bir terminalin anlık yerinin tespitinde yardımcı olmaktadır. Yer tespit işlemleri sırasında konulandırma sistemlerinin ihtiyaç duyacağı donanım ve yazılımlar bulunmaktadır. Konulandırma sistemlerinin yer tespit işlemleri esnasında kullandığı bu yazılım ve donanımların sistemlerin güvenilirliklerinde etkileri bulunmaktadır.

Konulandırma sistemleri var olan bir ağ yapısında çalışabileceği gibi özel bir ağ yapısında da çalışabilirler. Var olan bir ağ yapısında çalışan konulandırma sistemlerinde sinyallerin bozulmalara maruz kalma riski bulunmaktadır. Özel ağ yapısında ise ek alıcıların gerekliliğinin getireceği fazladan masraf dezavantajı vardır [11].

2.2 KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Konulandırma sistemlerinde, kullanıcının anlık yerinin tespit edilmesinde kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden bir tanesi görüntü işleme tekniklerine dayanmaktadır. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak hazırlanan konulandırma sistemlerinde ortamın video görüntülerini hazırlanmış üç boyutlu modelle eşleştirme yöntemlerini kullanan bir yapı bulunmaktadır. Görüntü işleme yöntemlerinin dışında daha sık kullanılan yöntemlerde ise, yeri bilinen bir vericiden gelen sinyal güçlerine göre yer tespiti yapan yapılar bulunmaktadır. Yer parmak izi tekniği, üçgenleme ve yaklaşma teknikleri bu tür yapılar içinde sayılabilir [11].

2.2.1 Sinyal Metriklerine Göre Sınıflandırma

Bir kablosuz konumlandırma sisteminde temel işlem, hareketli bir cihazın pozisyonunun tespitidir. Yer tespit işleminin yapılabilmesi için yeri tespit edilecek cihaz ile ilgili bazı bilgilerin alınıp bunların pozisyon bilgisine çevrilmesi gerekmektedir. Pozisyon tespit işlemlerinde kullanılacak bilgiler; alınan sinyal gücü, Sinyal Geliş Açısı ve Sinyal Varış zamanı / Sinyal Varış zamanındaki fark bilgilerinden biridir [13].

2.2.1.1 Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yöntemi

Sinyal gücü bilgisi hareketli bir cihaz için en kolay elde edilecek metrik türüdür. Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yönteminde, alınan sinyal gücü ile uzaklık arasındaki ilişki kullanılır. Teorik olarak, sinyalin alındığı kaynaktan uzaklaştıkça sinyal gücü değerinde azalma gözlenmektedir. Elde edilen alınan sinyal gücü değerleri kullanılarak hareketli cihaz ile erişim noktası arasındaki mesafe hesaplanabilir. Farklı erişim noktalarından alınan sinyal gücü değerleri, hareketli cihaz ile bu erişim noktaları arasındaki uzaklıkların tahmini için kullanılır. Elde edilen sinyal gücü değerleri ile erişim noktalarının buldukları konumları merkez olarak alan daireler oluşturulur. Hareketli cihazın konumu, elde edilen bu dairelerin kesişim noktası olarak belirlenir [10] [17].

Bu yöntemde veritabanına ihtiyaç yoktur. Bu yöntem sadece sinyal gücünün uzaklık ile tahmin edilebilir ölçüde azaldığı ve sinyalin çevre etkenlerinden çok az etkilendiği durumlarda istenilen sonuçları verebilir. Sinyal gücü değerleri bina içindeki birçok etkenden etkilenirler. Bir binanın içinde alınan sinyal gücü değerlerindeki değişim; bina içindeki duvar, mobilya, kapı gibi engellerden etkilenmektedir. Bu nedenle bu yöntemin kullanımından elde edilen sonuçlar güvenilir olmayabilir. Örneğin; sinyal gücünün değeri, sinyalin geçtiği duvar sayısı, bu duvarların nitelikleri ve sinyallerin çok yönlü dağılım etkilerinden etkilenir. Sabit engellere ek olarak sinyal gücü, insan, araç ve başka hareket eden nesnelere de

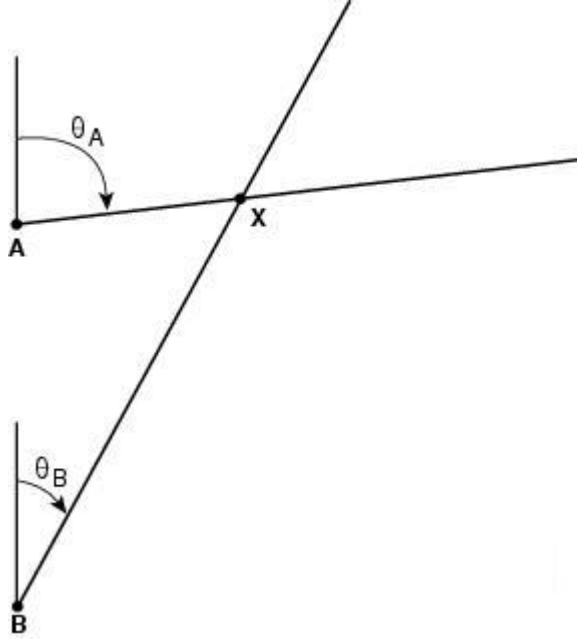
etkilenir [11]. Sinyal gücü değerleri çeşitli radyo dalga yayılım işleyişlerinden etkilenmektedir. Sinyal gücünü etkileyen 3 farklı durum vardır. Bunlar, yansıma, kırınım ve saçılmadır [12].

Alınan sinyal gücü metriğinin kullanılmasında en büyük avantaj; bu metrik türünün diğer metrik türleriyle kıyaslandığında çok daha kolay elde edilebilir olmasıdır. Bunu ek olarak, bu metrik türünün elde edilmesinde ek bir donanım ihtiyacı yoktur. Var olan bir kablosuz yapıda bu yöntem rahatlıkla kullanılabilir. Alınan sinyal gücü metriğinin kullanılmasının en büyük dezavantajı ise; bu metrik türünün, çevre koşullarından çok etkilendiği için, çok güvenilir olmamasıdır [11].

2.2.2.2 Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi

Varış açısı konumlandırma yönteminde hareketli istasyonun yeri, baz istasyonundan gelen sinyallerin geliş yönleri kullanılarak hesaplanır. Varış açısı yöntemi, yönlü antenlerin kullanımını gerektirmektedir. Bu yöntemde yerleri tam olarak bilinen antenlere ulaşan sinyallerin geliş açıları kullanılır. Bu yöntemde kullanılan antenler birbirinden bağımsız şekilde sinyalleri alırlar. Elde edilen sinyalin güç değerleri, varış süreleri kullanılarak sinyalin geliş açısı hesaplanabilir. Böylelikle hareketli cihaz ile antenler arasında görüş çizgilerinin çizilmesi sağlanır. [41] Varış açısı yöntemi ile hareketli cihazın yeri iki erişim noktası kullanılarak doğru şekilde elde edilebilir. Elde edilen her geliş açısı değeri erişim noktası ile hareketli istasyon arasında bir çizginin çizilmesine olanak tanır. Bu çizgilerin kesişim noktası hareketli cihazın konumu olarak tahmin edilir.

Varış açısı yönteminin doğruluğu, saçılmadan ötürü, hareketli istasyon ile baz istasyonu arasındaki mesafe arttıkça azalır. Buna ek olarak, Varış açısı yönteminde baz istasyonlarının hareketli cihazın görüş alanı içinde olması gerekir. Şekil 1'de Varış açısı yöntemine yer verilmiştir.



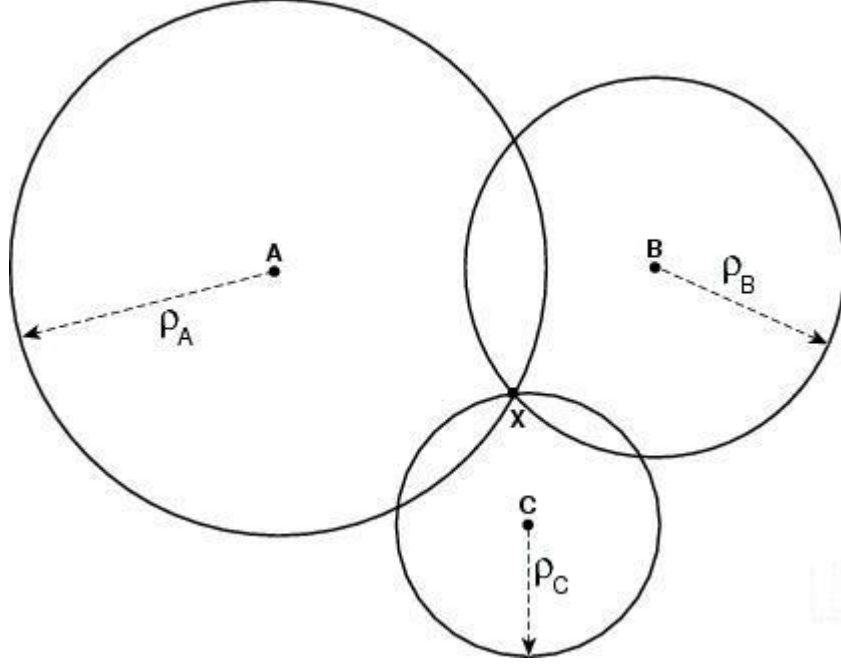
Şekil 1. Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi [17]

Varış açısı yönteminin en büyük dezavantajı, gelen sinyallerin geliş açılarının elde edilebilmesi için ek donanımlara ihtiyaç duyulmasıdır. Sistemin performansı bu donanımların performansına büyük ölçüde bağlıdır. Ayrıca bu yöntem ile elde edilen yer tahmin sonuçlarının doğruluğunun sağlanması için baz istasyonlarının hareketli cihazın görüş alanı içinde bulunması gerekmektedir. Değişen dağılım özellikleri ve sinyallerin çok yönlü dağılımı, performansı düşüren diğer etkenlerdir. Bu sorunları azaltmanın bir yolu bu antenleri uygun bir yüksekliğe çıkartmaktır. Varış açısı bina içi ortamlar için çok uygun bir metrik türü değildir.

2.2.2.3 Sinyal Varış zamanı / Sinyal Varış zamanındaki fark Konumlandırma Yöntemi

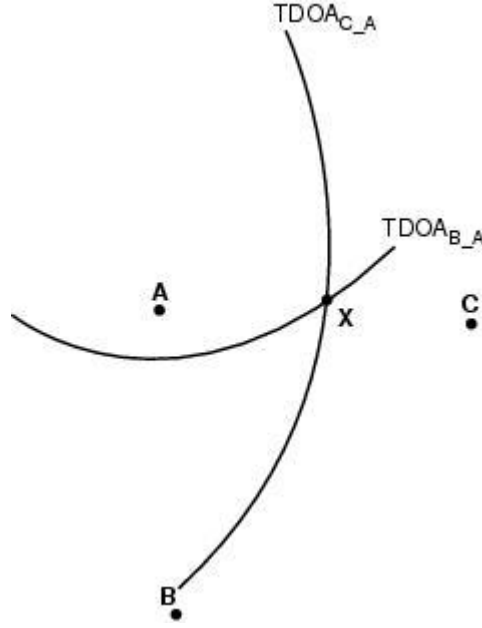
Varış zamanı konumlandırma yöntemi, hareketli bir cihazdan gönderilen ve en az üç baz istasyonu tarafından alınan sinyalin geliş sürelerini ele alarak pozisyon tahmininde bulunur. Bu yöntemde, hareketli bir cihazdan yayılan sinyaller etrafta bulunan bütün baz istasyonları tarafından dinlenir [10]. Baz istasyonu tarafından elde edilen sinyallerin zaman bilgileri alınır. Bu bilgiler baz istasyonunun konum bilgileri

ile karşılaştırılarak hareketli cihazın konumu tahmin edilmeye çalışılır [11]. Şekil 2’de Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2 Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi [17]

Varış zamanı arasındaki fark tekniği ise birden fazla alıcıya ulaşan sinyalin geliş sürelerindeki farkları kullanır. Sinyalin geliş süresinin, sinyalin geliş hızıyla (ışık hızı) çarpılmasıyla erişim noktalarına olan mesafe hesaplanır. Elde edilen varış zamanı arasındaki fark bilgileri kullanılarak sinyallerin yayıldığı cihaz ile alıcılar arasında hiperbolların çizilmesine olanak tanınır. Değişik alıcıların kullanılması farklı hiperbolların elde edilmesini sağlar. Bu hiperbolların kesişimi cihazın bulunduğu yer olarak düşünülür. Bu bilgi sayesinde üçgenleme metodu kullanılarak yer tahmininde bulunulur. Şekil 3’ de Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemine yer verilmiştir.



Şekil 3 Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemi [17]

Bu yöntem, alınan sinyal gücü ve sinyal geliş açısı yöntemleriyle karşılaştırıldığında doğruluk açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu yöntem, hareketli cihazın kullandığı kablosuz teknolojisine bağımsız şekilde çalışabilmektedir. Bu nedenle çok geniş çeşitlilikte kablosuz ağlarda kullanılabilir. [11]

Varış zamanı / Varış zamanındaki fark Konumlandırma Yönteminin en büyük dezavantajı ise bu metodun doğruluğunun baz istasyonlarının konum bilgilerine, alınan sinyallerin yayılımına ve şebeke elemanlarının zaman senkronuna bağlı olarak değişiklik göstermesidir. Bu nedenle senkronizasyonun çok iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir. [17] Ayrıca bu yöntemin uygulanabilmesi için ek donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da masrafların artmasına neden olmaktadır. Varış zamanı arasındaki fark yönteminin varış zamanı yöntemine göre en büyük avantajı sinyallerin geliş zamanlarının tam olarak bilinmesinin gerekmemesidir

Varış zamanı ve Varış zamanındaki fark yöntemlerinin benzerlikleri bulunmaktadır. Her iki yöntem de bina dışı sistemlerde çok iyi sonuçlar vermektedir. Bina içi

sistemlerde bu yöntemlerden iyi sonuçlar elde edebilmek için binanın büyük, geniş ve engellerinin az olması gerekmektedir. [17].

2.2 SENSOR TİPLERİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

2.2.1 Kızılötesi Sensorlar

Kızılötesi genellikle televizyonların uzaktan kumandalarında ve benzer diğer elektronik ürünlerde kullanılır. Kızılötesi tabanlı konumlandırma sistemleri, belli ve sabit bir yerdeki alıcıya hareketli cihazın kimliğinin gönderilmesiyle pozisyon tespit işlemini gerçekleştirir. Genellikle, alıcılar hareketli cihazın bulunabileceği yerlere yerleştirilir. Kendi kimliklerini otomatik olarak gönderebilen çeşitli sayıdaki kızılötesi vericileri binanın içine yerleştirilir. Hareketli cihaz, vericilerin sağladığı kızılötesi dalgaları alır. Eğer hareketli cihaz verici ile aynı odadaysa, yeri tespit edilmiş olur [11][20][21].

Kızılötesi teknolojisini kullanan sistemlerin en büyük sorunu bu sistemlerin sınırlı kızılötesi menziline sahip olmalarıdır. Bunun yanında bu sistemlerin kurulum masrafları yüksektir. Ayrıca bu sistemler doğrudan güneş ışığı altında ve yüksek ısıda iyi çalışmadıklarından, güneş ışığını içeri alan pencereci odalarda veya ısıyı yükselten makinelerin bulunduğu ortamlarda istenilen düzeyde çalışmayabilirler [20][21]. Kızılötesi tabanlı konumlandırma sistemlerinin en büyük avantajı ise; en eski konumlandırma teknolojisi olduğundan birçok çözümün üretilebilmiş olmasıdır [11].

2.2.2 Ultrason Sensorlar

Ultrason sensorlar, konumlandırma sistemlerinde doğruluğu artırmak için kullanılır. Bu teknoloji, en iyi bilinen konumlandırma sistemleri tarafından tercih edilen teknolojidir. Active Bat ve MIT Cricket [15] gibi en çok bilinen sistemler bu teknolojiyi kullanır. Bu sistemler pozisyon bilgisinin sağlanmasında ultrason yayılım süresi bilgisini kullanırlar. Ultrason ile yer tespit işlemi, üç boyutlu pozisyonun

ultrasonik göndericiler ile ultrasonik alıcılar arasındaki mesafeye göre hesaplanmasıyla gerçekleştirilir. Alıcı veya göndericilerden herhangi biri sistemde sabit tutulan parça olabilir. Bunlar Active Bat sisteminde olduğu gibi bina içinde tavana monte edilebilirler. Active Bat sisteminde tavana monte edilmiş alıcılara sinyaller ultrason sistemi kullanılarak gönderilir [39]. Pozisyon tespit işlemi sinyallerin gönderilmesinin ardından üçgenleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. [3].

2.2.3 Bluetooth

Bluetooth tabanlı yer tespit sistemlerinde alınan sinyal gücü seviyeleri, yerleri bilinen Bluetooth cihazlarına olan uzaklıkları tahmin etmek için kullanılır. Bu değerler elde edildikten sonra üçgenleme metodu kullanılarak yer tahmin işlemi gerçekleştirilebilir.

Bluetooth cihazlarda belli bir bağlantıya ait sinyal gücü değerleri elde edilebilir. Fakat bu değerler kesin değerler değildir. Bluetooth cihazların elde edebildikleri sinyal gücü değerleri, bağlantının kabul edilip, çok zayıf veya çok güçlü seviyede olduğunu belirten bilgilerdir. Bu tür seviye bilgileri ise yer tespit işlemlerinde çok fazla işe yaramamaktadır [11].

Bluetooth yüksek kalitede ses ve veri transferi imkânı sağlamaktadır. Bluetooth teknolojisi hem ucuz hem de çok güç gerektirmeyen bir teknolojidir. Değişik özelliğe sahip cihazların, aralarında kablosuz iletişim kurmalarına olanak sağlar. Bluetooth teknolojisini kullanan cihazlar çok fazla gürültülü radyo frekanslı ortamlarda bile tam randımanla çalışabilirler. Bu nedenle daha güvenilir ve düşük maliyetli bina içi konumlandırma sistemlerin oluşturulmasında Bluetooth teknolojisi kullanılabilir.

Konumlandırma sistemleri, genellikle, enerjinin sınırlı olduğu hareketli yapılarda kullanılmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin en iyi şekilde kullanılabilmesi için enerji tüketimi az olan teknolojiler kullanılmalıdır. Bluetooth enerji harcaması az olan ve

hareketli cihazlarda kullanımı uygun bir teknolojidir [27]. Bu, Bluetooth teknolojisinin konumlandırma sistemlerinde sağladığı bir avantajdır.

2.2.4 Ultra Geniş Bant (UWB)

Bina içi konumlandırma sistemlerinde tahminlerin doğruluk oranını düşüren en büyük etken sinyallerin çok yönlü dağılmasıdır. Bu sorunun giderilmesinde ultra geniş bant teknolojisi kullanılabilir. Ultra geniş bant teknolojisi çok kısa dürtülerden oluşması nedeniyle bina içi ortamlarda bu sorunun giderilmesine olanak tanırken, diğer teknolojilere göre de çok daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlar. Radyo frekansı tabanlı teknolojiler (Wi-Fi, Bluetooth) 3–4 m. mesafe ile yer tahmini yaparken, ultra geniş bant kullanan sistemler (UbiSense gibi) bu oranı 2 m.'ye kadar düşürmektedir.

Ultra geniş bant sistemlerinin en büyük avantajı, konumlandırma sistemlerinde diğer teknolojilere göre daha doğru tahminlerin yapılmasını sağlamasıdır. Bunun yanında ultra geniş bantın geniş bant genişliği, bina içi ortamlarda çok rastlanan sinyallerin çok yönlü dağılım sorununun azaltılmasını sağlar. Fakat ultra geniş bant sistemleri masraflı sistemlerdir. Bu nedenle kullanımları çok yaygın değildir [11].

2.3 KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI

Konumlandırma algoritmaları ilk olarak çevreden gelen sinyal özelliklerinin elde edilmesi ve daha sonra bu özellikleri kullanarak cihazın pozisyonun tespitinde gerekli hesaplamaların yapılmasını içerir.

Elde edilen sinyal özelliklerini uzaklık ve geliş açısı gibi bilgilere dönüştüren ve trigonometrik hesaplamaları kullanarak pozisyon tespit işlemlerini gerçekleştiren çeşitli algoritmalar bulunmaktadır. Bu tür algoritmalara örnek olarak Hücre kimlik tabanlı, Yaklaşma, Üçgenleme ve Üçyanlılama algoritmaları verilebilir [11].

Bu algoritmalar ek olarak, ilk olarak ortamın özelliklerinin gözlenmesine dayanan kablosuz tabanlı algoritmalar da bulunmaktadır. Bu tür algoritmalar örnek olarak ise Merkezliyen, Parçacık Filtreleme, Yer Parmak izi tekniği algoritmaları verilebilir [11]. Ortamın gözlenmesiyle elde edilen veriler, ortamın sinyal özelliklerinin anlaşılmasını sağlar. Elde edilen sinyal özelliklerinin ne tür bilgiler içereceği kullanılan konumlandırma algoritmasına göre değişir. Elde edilen sinyal özelliklerinin saklanması ardından, yer tespit işleminde kullanılan cihaz ile kablosuz ağ taraması yapılır ve elde edilen sinyal özellikleri çevredeki erişim noktalarından gelen verilerle karşılaştırarak yer tespit işlemi gerçekleştirilir.

2.3.1 Hücre-Kimlik Tabanlı Sistemler

Bu yöntemde, pozisyon tahmin işlemi cihazın bulunduğu hücre ve dilim bilgilerinin elde edilmesiyle gerçekleştirilir. Bulunulan hücre, ağda bulunan baz istasyonunun bilgisine göre belirlenir. Dilime ise sinyali alan antene göre karar verilir [18][19]. Bu yöntemde sonucun doğruluğu hücrelere bağlıdır. Bu yöntem daha çok GSM, kablosuz gibi ağlarda kullanılır.

Hücre-Kimlik tabanlı sistemler iki şekilde çalışırlar. İlk yöntemde, terminal ağdan hücre bilgilerini alarak ve hücrelerin pozisyonlarının bulunduğu veritabanını kullanarak pozisyonunu hesaplar. İkinci yöntemde ise terminal bilgisi ağ tarafından alınır ve ağ, terminalin hangi hücrede bulunduğunu belirler [11].

2.3.2 Yaklaşma

Yaklaşma yönteminde, yer tespit işlemi yeri bilinen bir erişim noktasına dayanılarak yapılır. Bu yöntem ile yeri bilinen bir erişim noktasının pozisyonuna göre alıcının yeri tahmin edilebilir. Yaklaşma yöntemi çevre koşullarından çok etkilenir. Bu yöntemde elde edilen sinyal gücü değerleri bulunulan ortamdaki duvar, mobilya gibi engellerden kaynaklanan bozulmalardan etkilenir.

Hareketli bir cihazın pozisyonunun belirlenmesinde uygulanan bir yöntem; cihazın en yakın olduğu erişim noktasına göre yer tespit işleminin yapılmasıdır. Bu yöntem, uygulanması en kolay ve zahmetsiz yöntemdir. Kablosuz ağ yapısında yer alan herhangi bir erişim noktası bilgisine erişmek kolay olduğundan, karmaşık algoritmalara ihtiyaç duyulmamaktadır. Çeşitli bina içi konumlandırma sistemleri, kablosuz bağlantıya uyumlu cihazların pozisyon tespit işlemlerinde, sinyal gücü değerlerini kullanırlar. Hareketli cihazlar, ilk olarak, kendilerine en yüksek sinyal gücü değerini sağlayan erişim noktası ile ilişkilendirilirler. Hareketli cihaz pozisyon değiştirdikçe, ilişkilendirilecek en iyi erişim noktasına karar verebilmek için sinyal gücü taraması yapar.

Bu yöntemin dezavantajı; yer tespit işlemlerindeki doğruluk oranının erişim noktalarının kapsama alanları ile sınırlı olmasıdır. Bunun yanında yayılma etkilerinden ötürü hareketli cihaz kendisine en yakın olmayan bir erişim noktasını, kendisine en yakın erişim noktası olarak görebilir.

2.3.3 Üçgenleme

Üçgenleme yönteminde ortamda bulunan tüm erişim noktalarına çağrı gönderilir, bu çağrıyı duyan her bir erişim noktası cevap olarak istenilen metrik türündeki değerleri gönderirler. Üçgenleme yönteminde pozisyon tespit işlemi esnasında düğümlerin hedefe olan yön bilgileri de ele alınmaktadır [14]. Üçgenleme algoritması hareketli cihazın yerini erişim noktasının bulunduğu yeri merkez kabul eden ve yarıçapı belirli bir metrik değerine göre karar verilen dairelerin kesişim noktaları olarak tahmin eder. [7]'de yapılan çalışmada üçgenleme yönteminin uygulanması esnasında elde edilebilecek farklı tipteki dairelere değinilmiştir. Üçgenleme yöntemi kullanılarak pozisyon tespit işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için, hareketli cihazların bilinen sabit bir noktaya olan en az 3 değişik uzaklık bilgisi gerekmektedir [11].

Üçgenleme yöntemi yanıllama veya açılama şeklinde yapılır. Bu iki teknik yöne dayalı ve mesafeye dayalı teknikler olarak da bilinirler [26].

2.3.3.1 Yanlılama

Yanlılama, yeri tahmin edilen cihazın pozisyonunu birden fazla referans noktaya olan uzaklığa göre hesaplar. Mesafeye dayalı yöntemler bir alıcı ile yerleri bilinen bir veya daha fazla vericilerin arasındaki mesafenin ölçümü ve hesaplanması işlemine dayanmaktadır

Yanlılama yöntemi ile uzaklığın hesaplanmasında kullanılan iki yaklaşım aşağıda açıklanmıştır.

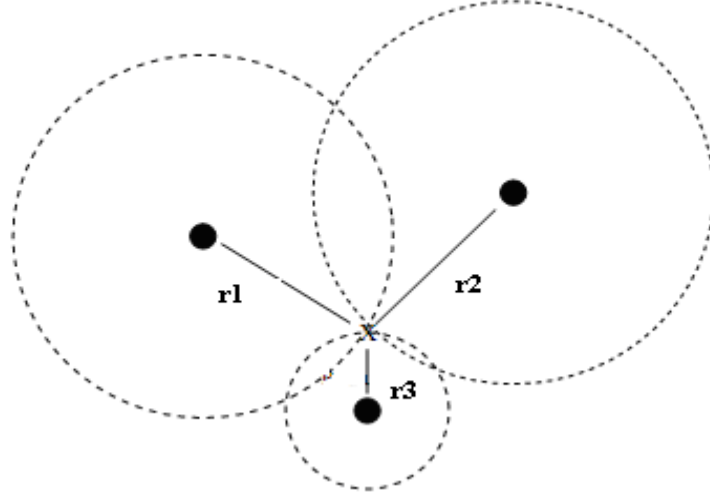
- Sinyalin yayılma süresi: Yayılan sinyalin çıkış ve varış zamanları arasındaki farktır.
- Sönümlenme: Yayılan sinyalin gücü, yayılma kaynağına olan uzaklık arttıkça azalmaktadır. Sinyal gücündeki bu azalmaya sönümlenme denilmektedir [26].

Birçok engelin bulunduğu bina içi alanlarda yayılan sinyalin engellerden etkilenmesinden dolayı sönümlenme kullanılarak yer tahmin işlemlerinin yapılması sinyalin yayılma süresine göre daha kötü sonuçlar verebilir.

Sinyallerin çok yönlü yayılma etkisinden ötürü sinyalin düzensiz yayılması sönümlenmenin mesafe ile düzensiz şekilde ilişkilendirilmesine, bunun sonucu olarak doğru olmayan mesafe tahminlerinin ortaya çıkmasına neden olur. Üçgenleme yönteminin dezavantajı sinyalin düzensiz yayılmasını hesaba katmamasıdır [11].

İki boyutlu düzlemlerde bir nesnenin pozisyonunun tahmini için 3 adet aynı doğru üzerinde bulunmayan noktaya ihtiyaç duyulmaktadır. Üç boyutlu düzlemlerde pozisyon hesaplaması için ise 4 adet aynı düzlem üzerinde bulunmayan noktaya ihtiyaç duyulmaktadır [26]. İki boyutlu düzlemlerde böyle bir hesaplama herhangi bir cismin, verici merkezli ve mesafe yarıçaplı bir dairenin içinde yer aldığı sonucuna ulaşılmasını sağlar. Mesafe değeri, daha fazla alıcı kullanılarak da hesaplanabilir. Birden fazla alıcının kullanılması yeri tahmin edilen cismin içinde bulunabileceği birden fazla dairenin ortaya çıkmasına neden olur. Bu durumda nesnenin bulunacağı

yer, iki veya daha fazla sayıdaki dairenin kesişim noktalarıdır [11]. Şekil 4’de Yanlılama yöntemine yer verilmiştir.



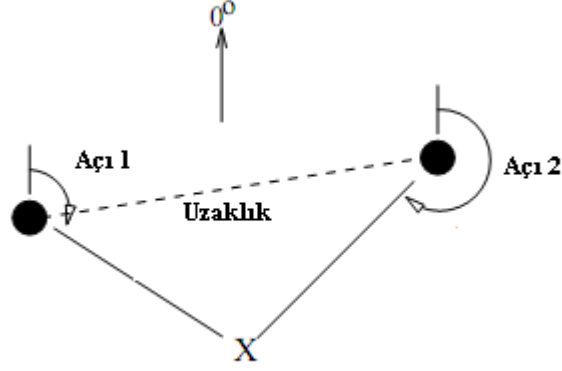
Şekil 4 Yanlılama [26]

2.3.3.2 Açılama

Açılama yöntemi, Yanlılama yöntemine benzemektedir. Açılama yönteminde Yanlılama yönteminden farklı olarak pozisyon belirlenmesi işleminde mesafe değeri yerine sinyalin geliş açısı değerleri kullanılır.

Yöne dayalı teknikler geliş açısını ölçerler. Alıcılar, vericilerden gelen sinyalin yönünü sabit bir yöne göre yön sinyali tespit eden antenler kullanarak ölçerler. Bu yöntem, özel antenlerin kullanımını gerektirdiği için, standart bileşenlerin kullanıldığı kablosuz yerel alan ağ pozisyon tespit uygulamaları için uygun değildir [11].

İki boyutlu düzlemlerde pozisyon hesaplamasının doğru şekilde yapılabilmesi için referans noktalar arasındaki uzaklık bilgisi ile iki adet açı değerinin bilinmesi gerekmektedir. Üç boyutlu düzlemlerde ise bunlara ek olarak bir azimut değerine de ihtiyaç duyulmaktadır [26]. Şekil 5, Açılama yöntemini göstermektedir.



Şekil 5 Açılama [26]

2.3.4 Üçyanlılama

Üçyanlılama erişim noktalarına olan mesafeye göre cihazın bulunduğu pozisyonu tahmin eder. Üçyanlılama yönteminde yer tespiti işleminin yapılabilmesi için en az üç sinyal gücü değerine ihtiyaç duyulmaktadır [9].

Üçyanlılama yönteminde en az üç düğümün hedefe olan uzaklık ve konum bilgisi kullanılarak pozisyon tahmin işlemi yapılır [14]. Üçyanlılama yönteminde cihazın, algılayıcılardan sinyal gücü değeri kadar yarıçapa sahip dairesel alan içinde yer aldığı varsayılmaktadır. Sensorların yerlerinin belirlenmesiyle, her bir sensora olan uzaklık bilgisi elde edilir. Bu uzaklık bilgileri birlikte kullanılarak her bir sensora olan uzaklıkların kesişim noktaları bulunur ve kablosuz cihazın pozisyonunun tespiti yapılır. En fazla kesişim noktasına sahip alan, kablosuz cihazın bulunduğu alan olarak tahmin edilir.

Üçyanlılama algoritmasının tahmin işlemlerinde doğruluğunu azaltan en büyük dezavantajı sinyallerin yayılımının değişmeyen olarak varsayılmasıdır. Bu nedenle üçyanlılama algoritması bina içinde hatalı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir. Sinyallerin bina içinde karşılaştığı engeller, yayılma uzaklıkları gibi nedenlerden ötürü bozulmalara maruz kalması üçyanlılama yöntemi ile bina içi konumlandırma sistemlerinde güvenilir sonuçlar elde edilememesine yol açabilir [9].

2.3.5 Parçacık Filtreleme

Parçacık filtreleme Bayes filtresini kullanan olasılıksal yaklaşım algoritmasıdır. [6]'da yapılan çalışmada Bayes filtresinin pozisyon tespit işlemlerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu yöntemin pozisyon tespit işlemlerinde güvenilir sonuçlar veren bir yöntem olduğu sonucuna varılmasını sağlamıştır. Parçacık filtreleme yönteminin kullanıldığı bir başka çalışmada [8] ise bu yöntemin konumlandırma, navigasyon ve takip çalışmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.3.6 Yer Parmak izi tekniği

Yer parmak izi tekniği bir alanın belli noktalardan gözlenmesi işlemine dayanmaktadır. Bu yöntemde alan içindeki belli yerlerden ulaşılabilinen tüm erişim noktalarından alınan sinyal gücü değerleri bir tabloya atanır. Bu işlem kablosuz yerel alan ağında birden fazla nokta için yapılır. Yer tespiti işlemi sırasında ise erişim noktalarından gelen sinyal gücü değerleri tablodaki değerlerle karşılaştırılır. Tablodaki değerler arasında elde edilen sinyal gücü değerlerine en yakın değerin koordinatları kullanıcın muhtemel yeri olarak düşünülür. Sistemin doğruluğunu artırmak için daha fazla noktadan alınan değerlere ihtiyaç vardır [9].

RF parmak izi tekniği metodu bina, nesnelere ve insanların sinyaller üzerindeki etkilerini göz önüne alır. Bina içi alanlardaki sinyallerin çok yollu yayılım etkilerinden ötürü, yer parmak izi tekniği metodu dışındaki metotlar hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilir. Yer parmak izi tekniği metodunda, alan içindeki her bir erişim noktasının belli koordinatlarda nasıl sinyal özelliklerine sahip olduğu bilgilerinin saklandığı bir veritabanı hazırlanır. Yer tahmin işlemi esnasında, alan içinde ulaşılabilinen erişim noktalarından sinyallerin gereken özellikleri elde edilir. Bu işlem sürekli tekrarlanarak sinyal bilgilerindeki değişiklikler güncellenir. Elde edilen bu sinyal özellikleri veritabanındaki değerlerle karşılaştırılarak pozisyon tahmin işlemi gerçekleştirilir.

Var olan kablosuz ağ yapısını kullanan birçok ticari bina içi konumlandırma sistemleri, pozisyon tespit işlemleri için sinyal geliş açısı ve sinyal varış zamanı teknikleri yerine yer parmak izi tekniği metodunu kullanmaktadır. Parmak izi tekniği bu tekniklerden çok daha basittir. Ayrıca, hareketli cihazın ek bir donanıma ihtiyacı yoktur. Var olan her hangi bir kablosuz yerel alan ağ yapısı konumlandırma işlemi için kullanılabilir.

Parmak izi tekniği şu avantajları içermektedir:

- Diğer yöntemlerde ortaya çıkabilecek fiziksel ve teknolojik kısıtlamalardan ötürü yer parmak izi tekniği yöntemi bina içi pozisyon tespit işlemleri için en uygun çözümdür.
- Bu teknik ile hareketli cihazların ek bir donanıma ihtiyacı yoktur.

Parmak izi tekniği şu dezavantajları içermektedir

- Üzerinde çalışılan alanda yapılacak herhangi bir değişiklik, yaratılan veritabanında da değişiklikler yapılmasına veya veritabanının tamamıyla değiştirilmesine neden olur. Bu, ufak boyuttaki alanlar için büyük bir sorun oluşturmazken, çalışılan alan büyüdükçe büyük bir sorun haline gelebilir [11].

Yer parmak izi tekniği yöntemi iki farklı evreden oluşmaktadır. Bunlar çevrim dışı ve çevrim içi evrelerdir. Çevrim dışı evresi çalışılan alanın gözlemlendiği, sinyal bilgilerinin ortaya çıkarıldığı ve veritabanının oluşturulduğu evredir. Çevrim içi evre ise pozisyon belirleme işleminin gerçekleştirildiği evredir [1] [9]. Birçok konumlandırma sistemleri, ilk olarak, ortamın sinyal özellikleri yapısının ortaya çıkarılması işlemine dayanır. Ortamda meydana gelecek herhangi bir değişiklik oluşturulan bu yapılarında değişmesine neden olmaktadır [2]. Yer parmak izi tekniği yönteminin de kullanılmasının en büyük dezavantajı ortamda meydana gelecek değişikliklerin elde edilen sinyal bilgilerinde de değişikliğe neden olmasıdır.

Çevrim dışı evresi veritabanının oluşturulduğu evredir. Ortamda bulunan çeşitli erişim noktalarından istenilen türdeki metrikleri elde edebilmek için alanın gözlenmesi yapılır. Alan gözlenmesi sonucu elde sinyal özellikleri kullanılarak veritabanı oluşturulur. Veritabanında kullanılacak olan sinyalin metrikleri arasında en fazla tercih edilen tür alınan sinyal gücüdür. [5]'te yapılan çalışmada yer parmak izi tekniğinde sinyal gücü değerlerinin kullanımının konumlandırma sistemlerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çevrim dışı evrede kullanılan en yaygın yöntem, çalışılan alanda çeşitli noktalardan kablosuz sinyal güçleri toplanıp, bu sinyal güçlerinin sinyal gücü alınan noktanın koordinatları ile birlikte veritabanına aktarılmasıdır. Çeşitli noktalardan alınan sinyal gücü değerleri veritabanında [x, y, ALINAN SİNYAL GÜCÜ1, ALINAN SİNYAL GÜCÜ2, ALINAN SİNYAL GÜCÜ3, ...] şeklinde saklanır. Burada (x, y) veri alınan yerin x ve y koordinatları bilgisini içerirken ALINAN SİNYAL GÜCÜi ise farklı erişim noktalarından (i. erişim noktası) elde edilen sinyal gücü değerlerini göstermektedir.

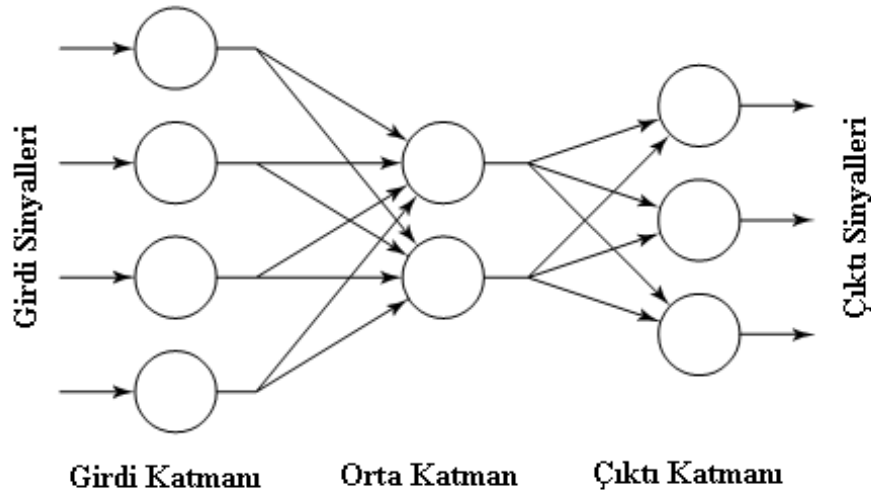
Çevrim içi evre, konumlandırma sisteminin hareketli cihazın yerini bir önceki evrede hazırlanan veritabanını kullanarak tespit ettiği evredir. Elde edilen anlık sinyal bilgileri veritabanındaki sinyal bilgileri ile karşılaştırılarak pozisyon tahmin işlemi gerçekleştirilmeye çalışılır. Konumlandırma işlemleri sırasında çeşitli algoritmalar kullanılabilir. Pozisyon tespit işleminde en yaygın kullanılan algoritma, elde edilen sinyal gücü değerleri ile veritabanındaki her bir sinyal gücü değeri arasında Öklit mesafesinin ölçülmesidir. [11]

2.3.7 Pozisyon Tespit İşlemlerinde Kullanılan Diğer Yaklaşımlar

Üçgenleme, parçacık filtreleme, yer parmak izi teknikleri gibi tekniklerin yanında, yapay sinir ağlarının kullanımını içeren teknikler de pozisyon belirleme işlemlerinde kullanılan teknikler arasındadır.

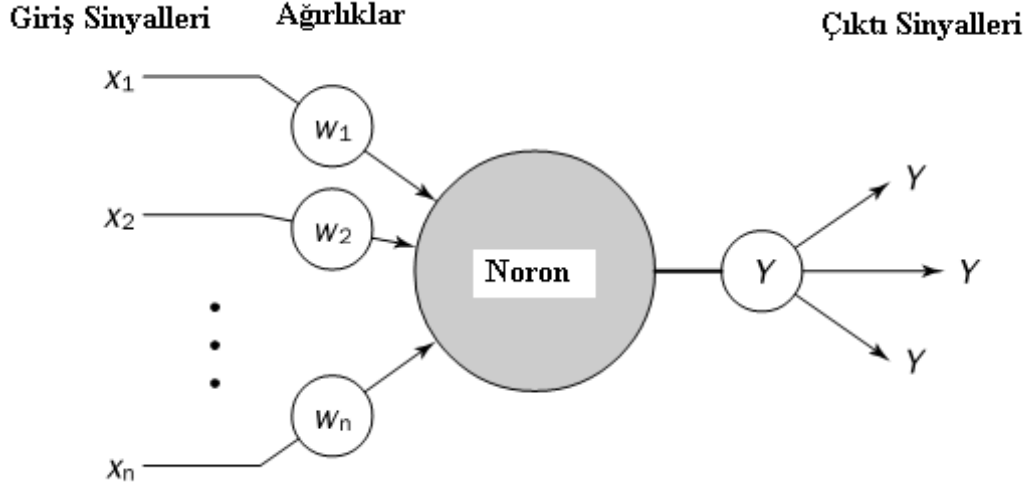
2.3.7.1 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, nöron adı verilen birbirlerine değişik ağırlık değerlerine sahip bağlantılarla bağlı olan işlem birimlerinden oluşmaktadır. Nöronlar arasındaki bilgi akışı ile yapay sinir ağlarında veriler arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılır. Bunun sonucu olarak yapay sinir ağlarında öğrenme ve karar verme işlemleri gerçekleştirilir. Resim 1’de basit bir yapay sinir ağının yapısı yer almaktadır.



Resim 1 Yapay Sinir Ağı Yapısı [36]

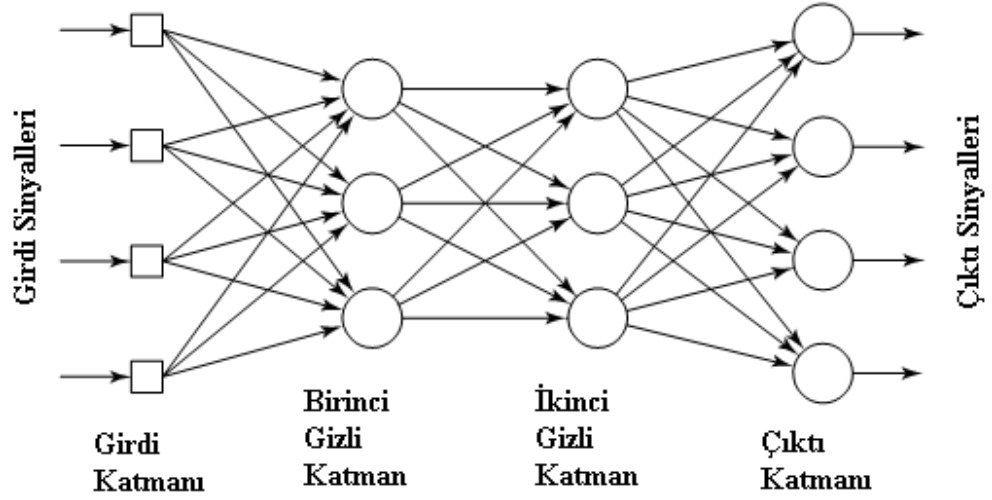
Yapay sinir ağlarında her bir nöron diğer bir nörona sinyal iletiminde kullanılan değişik ağırlık değerlerine sahip bağlantılarla bağlıdır. Bu bağlantılar üzerinden nöronlar arasında bilgi akışı gerçekleştirilir. Her nöron bu bağlantılar üzerinden girdi sinyalleri almaktadır. Nöronlar alınan bu girdi sinyalleri sonucu çıktı sinyalleri oluştururlar. Nöronlar girdi bağlantılarından çok sayıda sinyal alabilirler. Elde edilen bu sinyaller çıktı sinyali olarak çıktı bağlantılarından gönderirler. Girdi sinyalleri diğer nöronlardan gelen çıktı sinyalleri olabileceği gibi, işlenmemiş veri de olabilirler. Çıktı sinyalleri ise problemin son çıktısı olabileceği gibi başka bir nörona girdi sinyali de olabilirler. Resim 2’de basit bir nöron yapısına yer verilmiştir.



Resim 2 Nöron Yapısı [36]

Sık kullanılan yapay sinir ağı yapılarından bir tanesi çok katmanlı perceptron yapısıdır. Bu yapı kaynak nöronların bulunduğu girdi katmanı, hesaplama nöronlarının bulunduğu gizli katmanlar ve yine hesaplama nöronlarının bulunduğu çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi sinyalleri girdi katmanından başlayarak ileriye doğru tüm katmanlardan geçer.

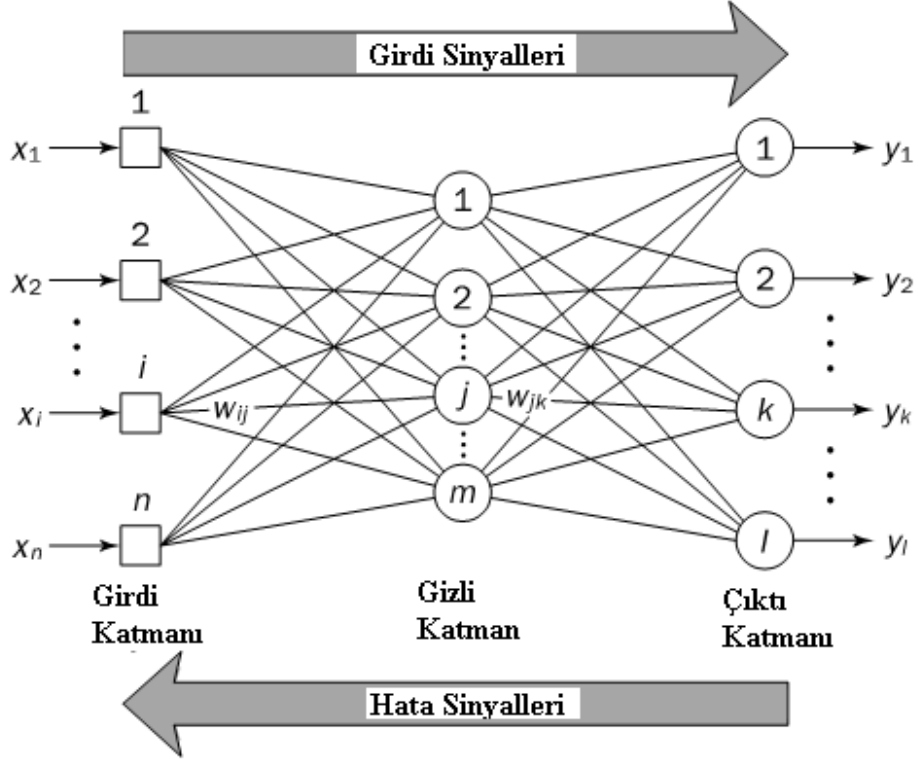
Bu katmanların her birinin kendine göre görevleri bulunmaktadır. Girdi katmanı dışarıdan girdi sinyallerini alarak bu sinyalleri gizli katmanlarda bulunan bütün nöronlara iletmekle görevlidir. Girdi katmanında hesaplama işlemi yapan nöronlar çok fazla bulunmamaktadır. Çıktı katmanı, gizli katmanlardan gelen sinyalleri almakla görevlidir. Alınan bu sinyaller ile problemin sonucuna ulaşılır. Gizli katmandaki nöronlar ise ağırlandırılmış değerleri içeren nöronlardır. Nöronların bu özellikleri çıktı katmanında sonuçların elde edilmesinde yardımcı olurlar [36]. Resim 3’de çok katmanlı bir yapı bulunmaktadır.



Resim 3 Çok Katmanlı Yapı [36]

Çok katmanlı perceptron yapısında öğrenme işlemi geri yayımlı öğrenim modeline dayanmaktadır. Çok katmanlı perceptron yapısında öğrenim işlemi için bir eğitim seti girdi örüntüsü olarak ağ yapısına sunulmaktadır. Bu girdi örüntüsüne göre bir çıktı örüntüsü elde edilir. Çıkarılan çıktı örüntüsü ile gerçek çıktı örüntüsü arasında farklılıklar bulunuyorsa hatanın azaltılması için nöronların ağırlık değerleri yeniden ayarlanır.

Geri yayımlı öğrenim yönteminde öğrenim işlemi girdi katmanında başlamaktadır. Öğrenim işleminde yapılan ilk işlem bir eğitim setinin girdi örüntüsü olarak girdi katmanına sunulmasıdır. Ağ yapısına sunulan bu girdi örüntüsü, çıktı katmanında çıktı örüntüsüne dönüşene kadar katman katman ilerler. Çıktı örüntüsünün elde edilmesinin ardından elde edilen bu örüntü, elde edilmesi gereken çıktı örüntüsü ile karşılaştırılır. Eğer elde edilen çıktı örüntüsü ile gerçek çıktı örüntüsü arasında farklılıklar bulunuyorsa, bu farklılıkların giderilmesi için ters yönde –çıktı katmanından girdi katmanına doğru- yayılım gerçekleştirilir ve nöronların ağırlık değerleri yeniden hesaplanır [36]. Geri Yayımlı Yapı, Resim 4’de gösterilmektedir.



Resim 4 Geri Yayımlı Yapı [36]

Yapay sinir ağları kullanılarak pozisyon tahmin işlemlerinin yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir tanesinde [28] çok katmanlı perceptron yapısı kullanılarak pozisyon belirleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada erişim noktalarından elde edilen sinyal gücü değerlerine göre yer tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağı kullanılarak yapılan bu çalışma sonucu yaklaşık 2.3 m.lik doğruluk oranına ulaşıldığı sonucuna varılmıştır. Çok katmanlı perceptron yapısının kullanıldığı bir başka çalışmada [31] ise 1.82 m.lik hata oranı ile daha iyi sonuçlar elde edilebilmiştir.

[29]'da yürütülen çalışmada yine yapay sinir ağı kullanılarak bina içi yer tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada yer parmak izi yöntemi kullanılarak pozisyon tahmininde bulunulmuştur. Bu çalışmada benzer çalışmalardan farklı olarak sinyallerin çok yönlü dağılımları gibi nedenlerden kaynaklanan hataların ortadan kaldırılması için yapay sinir ağları ile birlikte ultra geniş bant kullanılmıştır.

Sinyallerin düzensiz dağılımlarından kaynaklanan sorunların önüne geçebilmek için yapılan bir başka çalışmada [32] sinyal güçlerindeki gecikmeler yapay sinir ağları ile birlikte kullanılarak pozisyon tespit işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Yer parmak izi tekniği yönteminin kullanıldığı bir başka çalışmada [30] yine yapay sinir ağları kullanılarak pozisyon tespit işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuç ise; yapay sinir ağları kullanılarak yapılan test çalışmaları sonrasında elde edilen sonuçların %80'inin 2-2.5 m. arasında olduğudur. [33],[34],[35]'de yürütülen çalışmalar da yapay sinir ağlarının pozisyon belirleme işlemlerinde kullanılmasını içeren çalışmalardır.

[40]'da yapılan çalışmada geri yayımlı yapay sinir ağ yapısı kullanılarak pozisyon tespit işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada 802.11b kablosuz iletişim yapısına uyumlu erişim noktalarının sinyal gücü değerleri kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda %72'lik bir olasılıkla 1 m.'nin altında, %95'lik bir olasılıkla da 2,6 m.'nin altında tahmin işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.4 GELİŞTİRİLEN BİNA İÇİ TAKİP SİSTEMİ UYGULAMALARI

2.4.1 Microsoft Research Radar

RADAR, 802.11 kablosuz ağ teknolojisine dayanan bina içi yer takip sistemidir. Radar erişim noktalarından gelen sinyal güçlerini kullanarak kablosuz yerel alan ağ uyumlu hareketli cihazların yerlerinin tespit edilmesinde kullanılır. RF tabanlı sistemler temel olarak 802.11 kablosuz yerel alan ağları kullanırlar ve genellikle temel nedeni çok yönlü dağılım olan bozulmalara maruz kalırlar. RADAR, yer tespitinde 802.11 kablosuz ağ teknolojisini kullanan ilk uygulamalardan biridir. Sistem, bina içinde var olan kablosuz yerel alan ağ yapısına ek yer tespit bileşenlerine gerek duymamaktadır. Sistem, yer tespit işlemini iki yöntemle yapabilir. İlk yöntemde karşılaştırmaya dayalı deneysel metotlar kullanılır. Bu

yöntemde cihazın pozisyonuna, önceden elde edilen sinyal gücü değerlerinin, o an elde edilen sinyal gücü değeri ile karşılaştırılmasıyla karar verilir. İkinci yöntemde ise cihazın bulunduğu koordinatın tespitinde deneysel metot yerine matematiksel metotlar kullanır [11].

RADAR çevrim dışı evrede ortamın sinyal gücü değerlerini, kullanıcının yeri ve yönüne göre toplayarak ortamın sinyal gücü bilgilerini çıkarıp gürültüden oluşan sorunların giderilmesini amaçlar. Yer tahminin yapıldığı gerçek zamanlı evrede ise hareketli cihazın elde ettiği anlık sinyal gücü değerleri veritabanındaki değerlerle karşılaştırılarak, cihazın bulunduğu koordinatlar tespit edilmeye çalışılır [38].

Matematiksel model ise bina içi RF yayılması ve çalışılan alanın fiziksel özelliklerini dikkate alarak yer tahmin işlemlerini gerçekleştirir. RADAR, ortamın sinyal gücü bilgilerini çıkararak kullanıcının yerini bulunduğu yerden 2-3 m. sapma ile tespit edebilir. Bunun yanında, Yanlılama tekniği kullanarak da yer tespit işleminin yapılmasına olanak tanır. Bu teknik kullanarak yaklaşık 4 m.'lik sapma ile yer tespit işlemleri gerçekleştirilebilir.

Her ne kadar ilk yöntem ile daha iyi sonuçlar elde edilse de, ortamın fiziksel yapısında yapılacak değişiklikler hazırlanan veritabanında da değişiklikler yapılmasına, hatta veri tabanının tamamen değiştirilmesine neden olabilir. Bunun yanı sıra, sinyal gücü ölçümlerinin alındığı sırada kullanıcının yönü de sinyal gücü değerlerinin farklı çıkmasında önemli bir neden olabilir. Bu nedenle ölçümlerin yapıldığı esnada sinyal gücü değerleri ve kullanıcının bulunduğu yer bilgilerinin yanında kullanıcının yön bilgisi de alınmalıdır.

RADAR sisteminin bazı kısıtlamaları şunlardır;

- Bu sistemin kullanılabilmesi için yeri tahmin edilecek cihazın kablosuz yerel alan ağ yapısını desteklemesi gerekmektedir. Bu ise ufak ve sınırlı güçlü cihazlar için pratik değildir.

- Çok katlı binalarda bitişik katlardaki noktalar arasındaki sinyal örtüşmesinden ötürü kullanıcıların yanlış katlarda gösterilmesine neden olabilir.
- Hareketli cihaza gelen sinyaller, kullanıcının vücudu tarafından engellenebilir. Bu durum sinyal gücü değerlerinde değişikliklere neden olabilir.
- Kullanıcının bulunduğu yerin tespitinde kullanılan veritabanı elde edilen sinyal gücü değerlerinin değişmeyeceğini varsaymaktadır. Fakat diğer vericilerden kaynaklanan parazitler veya bina içinde hareket halindeki nesnelere sinyal gücü değerlerinde değişiklikler olmasına neden olur [11].

RADAR sistemi 900 m²'lik bir bina içi alanda yerleri bilinen 3 adet erişim noktası kullanılarak 2-3 m.'lik sapma ile yer tespiti yapabilmektedir [37].

2.4.2 Ekahau Konumlandırma Sistemi

Ekahau Gerçek zamanlı yer belirleme sistemi bir alan içerisinde hareketli cihazların pozisyonlarını sürekli olarak gösteren bir sistemdir. Ekahau Gerçek zamanlı yer belirleme sistemi pozisyon tespit işlemleri için standart kablosuz iletişim yapısını kullanır. Bu nedenle ek donanımlara ihtiyaç duymaz. Ekahau, etiket konumlarını belirlemek için 802.11 iletişimine uyumlu erişim noktalarını kullanmaktadır. Bunların kullanımı sistemin kurulumunu basitleştirip, hızlandırdığı gibi toplam maliyeti de azaltmaktadır. Ekahau tipik olarak, etiketler, etiketleri konumlandırmak için referans cihazları, veri ağı, sunucu yazılımı ve son kullanıcı uygulama yazılımından oluşur [16].

Ekahau sisteminde, hareketli cihazları izlemek için küçük ve pil ile beslenen bir etiket kullanılır. Bu etiket standart bir 802.11 ağının kapsama alanı içinde hareketli cihazın konum bilgisinin elde edilmesini sağlar.

Ekahau, Ekahau İstemcisi, Ekahau Yöneticisi ve Ekahau Konumlandırma Motorunu içeren Java tabanlı bir yazılımdır. Ekahau istemcisi sinyal gücü gibi gerekli bilgileri

alıp, bu bilgileri bulunulan koordinatın tahmininin yapılması için Ekahau konumlandırma motoruna gönderir. Ekahau konumlandırma motoru ortamın kalibrasyonu, takip sistemi, doğruluk analizi gibi uygulamaları içerir. Ekahau konumlandırma motorunun yazılımı, iç ya da dış alanlarda kablosuz ağının kapsama alanı içindeki tüm etiketlerin sürekli olarak yer ve hareket bilgilerini rapor eder [11].

2.4.3 Place Lab

Place Lab, kablosuz teknolojisini kullanarak yer tespiti yapan bir sistemdir. Kullanıcı kablosuz iletişim teknolojisine sahipse, Place Lab'ı kullanmak için ek bir donanıma ihtiyaç duymaz. Place Lab'ın yazılımı, Place Lab'ın sitesinden ücretsiz elde edilebilir. Place Lab'ın kullanımındaki mantık şöyledir; bütün kablosuz erişim noktaları diğer erişim noktalarından farklı olarak tek bir kimlik bilgisi yayımlarlar. Pozisyon tespitinde yapılması gereken tek iş, yayımlanan kimlik bilgilerine göre fiziksel pozisyonun tahmin edilmesi işlemidir.

Place Lab belli noktaların bilgilerini içeren merkezi bir veritabanı ile pozisyon belirleme işlemini yapan bir istemci tarafından oluşmaktadır. İstemci tarafının pozisyon tespitinde kullandığı yazılım çeşitli platformlara uygun şekilde indirilebilir durumdadır. Veritabanı her bir noktanın tek kimlik bilgisini (erişim noktasının MAC adresi gibi), okunabilir ismini (erişim noktasının SSID'si gibi) ve bu noktaların enlem ve boylam bilgilerini içeren tek bir tablodan oluşur. Pozisyon tahmin işlemi gerçekleştirilmeden önce veritabanında bulunan bu bilgilerin hepsinin veya bir kısmının bilgisayara alınması gerekir.

RADAR sisteminde olduğu gibi, Place Lab sistemi de 802.11 teknolojisine dayanmaktadır, fakat RADAR'ın aksine herhangi bir veri toplama işlemine ihtiyaç duymamaktadır. Bunun yerine yer tahminini, cihaz tarafından keşfedilen pozisyonları bilinen erişim noktalarına göre yapar. Bu erişim noktalarının pozisyonları aynı cihazda bulunan veri tabanından elde edilir.

802.11 teknolojisine dayalı pozisyon belirleme sistemlerinin bir problemi, az nüfuslu ortamlar gibi bazı ortamlarda 802.11 teknolojisinin yetersizliğidir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için Place Lab, 802.11 erişim noktalarının yanı sıra GSM kuleleri ve Bluetooth cihazlarını da kullanmaktadır.

Place Lab, 802.11 erişim noktaları, Bluetooth cihazları, ve GSM hücre kuleleri gibi kablosuz ağ kaynaklarının yaydığı sinyalleri dinleyerek yer tespit işlemini yapar. Bu sinyal kaynaklarına işaretçi adı verilmektedir. Bu işaretçilerin her birine farklı veya yarı farklı kimlik bilgileri atayan protokoller sayesinde pozisyon hesaplama işlemi kolaylaşmaktadır. Place Lab sistemi ile yer tahmin işleminin sonuçlarının doğruluğu, istemci cihazın bulunduğu alan içinde yer alan işaretçi sayısı ve çeşidine bağlıdır [25] [11].

Place Lab cihazları, çevredeki işaretçilerle bunların kimlik bilgilerini elde etmek için etkileşirler. Place Lab istemcileri pozisyon tespiti için, veri iletmeye ve diğer kullanıcıların veri iletimlerini dinlemeye ihtiyaç duymazlar [25].

Place Lab, pozisyon tespit işlemlerinin gerçekleştirilmesinde işaretçi pozisyonlarının bilgisini ihtiyaç duymaktadır. Bulunulan alan içinde, hakkında bilgileri bulunmayan işaretçilerin kullanılmaya çalışılması pozisyon tahmininde sonuç elde edilmesini sağlamaz. Pozisyon tespit işlemlerinde kullanılacak veritabanı bilgileri, savaş-sürüşü adı verilen bir yöntemle elde edilebilir. Savaş- sürüşü, kısaca, çevredeki işaretçi bilgilerini alabilen sistemler kullanılarak yapılan işaretçi tarama işlemidir [23].

2.4.4 MIT Cricket

CRICKET sisteminde, pozisyon tahmininin yapılabilmesi için işaretçi ve dinleyici donanımları kullanılır. Bu iki donanımda aynı donanımlardır. CRICKET sisteminde aktif işaretçiler ve pasif dinleyiciler kullanılır. Sistemin çalışabilmesi için biri dinleyici, diğeri işaretçi olan en az iki cihaza ihtiyaç vardır. Bu yapının sağladığı önemli faydalar vardır. Bunlardan ilki; merkezi bir kontrol birimine veya veritabanına ihtiyaç duyulan bir takip sistemi olmamasıdır. Böylelikle CRICKET'in

merkezi olmayan yapısı, CRICKET'in yayılmasını kolaylaştırır. Bunun yanında CRICKET'in ölçeklenebilirliği yüksektir. Sistemi kullanan cihaz sayısı arttıkça sistem iyi bir şekilde ölçeklenebilir [11].

İşaretçiler çalışılan alan hakkındaki bilgileri dinleyiciler iletmekle görevlidir. İşaretçi çalışılan alanda herhangi bir yere monte edilebilen ufak bir cihazdır. Bunlar genellikle tavan, duvar gibi engellere maruz kalmayacak yerlere yerleştirilir.

Dinleyici, işaretçilerden gelen mesajları dinleyen ufak cihazlardır. Kendisine gelen bu mesajları bulunduğu pozisyon bilgisine ulaşmak için kullanır. Dinleyiciler, kendisini kullanan cisimlere alan içinde bulunulan konum bilgisine karar verilmesini sağlayacak bir API sağlar. Dinleyiciler, hem hareketli, hem de sabit cihazlarda kullanılabilir. Dinleyiciler o anki pozisyon bilgisini, duyduğu işaretçilerden gelen mesajlara göre sonuçlandırmaya ve bu bilgiyi API üzerinden cihaz yazılımına iletmeye çalışır [11].

CRICKET, radyo frekansı ve ultrason teknolojilerini birlikte kullanarak, bu sistemi kullanan cihazların pozisyon bilgilerinin tahmin edilmesinde kullanılır. Duvar veya tavana monte edilmiş işaretçiler bina boyunca radyo frekansı kanalı üzerinden bilgi yayarlar [38]. Her radyo frekansı bilgisinin yayılmasıyla, işaretçi eş zamanlı ultrasonik sinyaller yayarlar. Cihazlara monte edilmiş dinleyiciler, radyo frekansı sinyallerini dinlerler. Bu sinyallerin alınmasının ardından ilgili ultrasonik sinyalleri dinlerler. Bu ultrasonik sinyallerin elde edilmesiyle, ışık hızıyla yayılan RF ve ses hızıyla yayılan ultrason dalgalarının yayılma hızları arasındaki farklardan yararlanarak, dinleyici mesafe tahminini gerçekleştirebilir. Dinleyici, radyo frekansı ve ultrason örneklerini ilişkilendiren ve en iyi ilişkiye karar veren bir algoritma kullanır [15].

CRICKET sistemi ultrason teknolojisi kullanılarak 4 adet erişim noktasının kullanıldığı 4m.×4m. bir alanda 0.15 m.'lik doğruluk oranıyla pozisyon tespit işlemi yapabilmektedir [37].

BÖLÜM 3

3. UYGULAMA

3.1 ALAN ARAŞTIRMASI

Alan Araştırması işlemi, genellikle ilerideki aşamaların sorunsuz çalışması ve istenilen sonuçların elde edilmesinde oluşabilecek sorunların önceden öngörülüp, bu sorunlara göre önlemlerin alındığı evredir. Alan araştırması erişim noktalarının en uygun şekilde yerleştirilmesi için önemli bir aşamadır.

Sinyaller yayılma esnasında ortamda bulunan duvar, kapı, insan gibi engellerden etkilenirler. Bu nedenle kablosuz sistemlerin yer alacağı her hangi bir sistemde erişim noktalarının yerleştirilmesinden önce alan araştırmasının yapılması gerekmektedir. Alan araştırmasının yapılmadığı durumlarda kullanıcılar erişim noktalarının yetersiz kapsama alanlarıyla ve bunun sonucu olarak bazı yerlerde düşük performanslarla karşılaşabilirler. Alan araştırması, oluşabilecek bu gibi sorunların giderilmesinde üretilebilecek çözümler arasında yer alan erişim noktalarının yerlerinin değiştirilmesi veya sayılarının artırılması gibi çözümlerin önceden görülüp, önlemlerin baştan alınmasına olanak tanır.

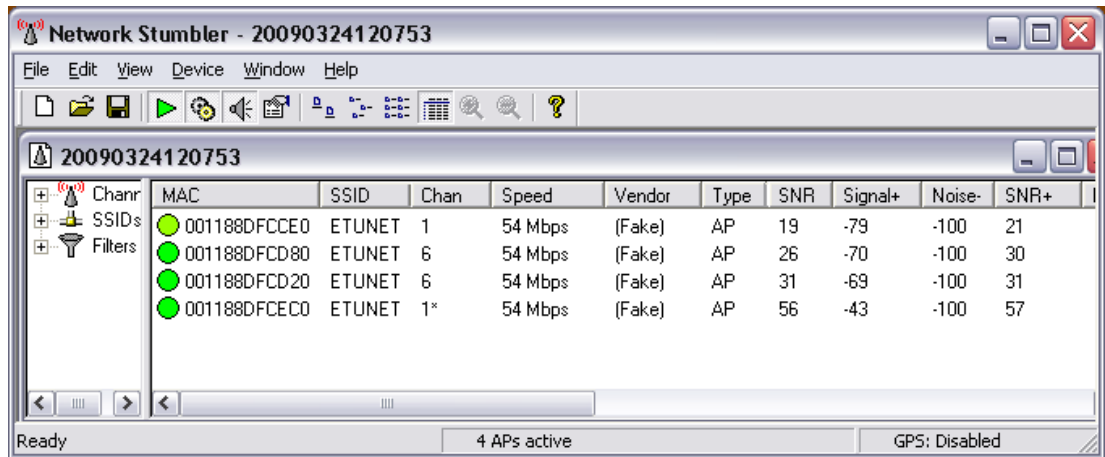
Alan araştırması işleminde temel amaç üzerinde çalışılacak ortamın özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere göre gerekli işlemlerin yapılmasıdır. Bu işlemler arasında ortamın haritasının çıkarılması, yer tespiti sırasında gerekli olan sinyal güçlerinin en uygun şekilde alınmasını sağlayacak erişim noktası sayısı ve yerleşimlerinin belirlenmesi gibi işlemler bulunmaktadır.

Bu çalışmada TOBB ETÜ yerleşkesinin Mühendislik Fakültesinin yer aldığı 1. katının sınırlı bir alanında yer tespit çalışması yapılmıştır. Bu alanda 3 adet erişim noktası önceden yerleştirilmiştir. Bu 3 erişim noktasına ek olarak alt ve üst katlardan da sinyal gücünün alınabildiği erişim noktaları bulunmaktadır. Bu erişim noktaları

çalışılan alan içinde kurulu haldedirler. Var olan erişim noktası yerleşim ve sayısının değiştirilmesi mümkün olmayacağından, alan araştırması evresinde yapılması gereken erişim noktalarının sayı ve yerlerine karar verilmesi işlemi gerçekleştirilememiştir. Erişim noktalarının yerleşim ve sayılarının en iyi durum olduğu varsayılmıştır.

Alan araştırması evresinin bir diğer amacı da yer tespit işlemleri sırasında kullanılacak sinyallerin alınacağı erişim noktalarının özelliklerinin belirlenmesidir. Bu işlem basitçe üzerinde çalışılacak alanda sinyal güçlerini alabilen bir cihazla dolanıp sinyallerin alınması ve bu sinyal güçlerini dağıtan erişim noktalarının SSID, sinyal güçleri ve MAC adresleri gibi ileri safhalarda kullanılacak özelliklerin gözlenmesini içerir. Bu amaçla çeşitli teknolojiler kullanılabilir.

Bu çalışmada da ulaşılabilen erişim noktaları, NetWork Stumbler adında bir yazılım kullanılarak elde edilmiştir. NetWork Stumbler parasız elde edilebilen, açık kaynak olmayan ve 802.11b, 802.11a ve 802.11g kablosuz bağlantı sinyal güçlerinin tespit edilmesinde kullanılan bir araçtır. Şekil 6, örnek bir Network Stumbler çalışma ekranını göstermektedir.



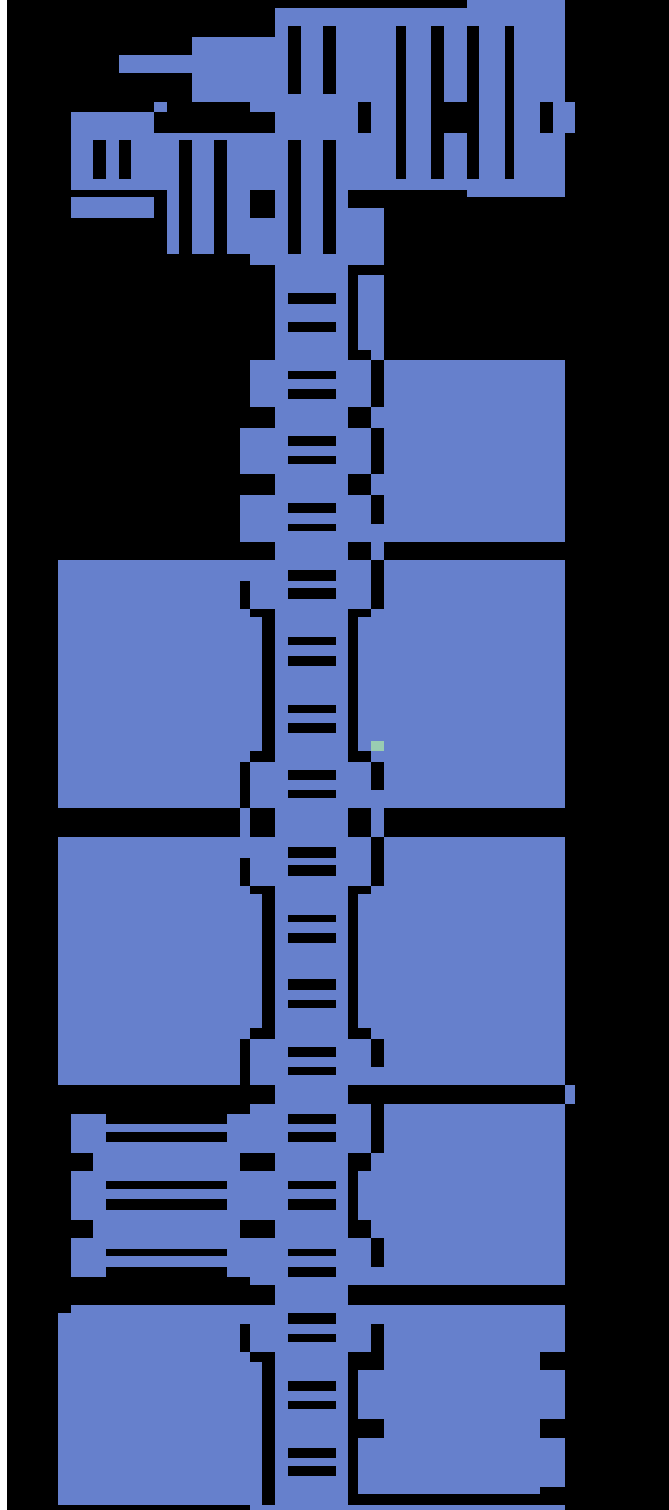
Şekil 6 Network Stumbler

Alan araştırması aşamasında yapılan bir başka işlem de üzerinde çalışılan alanın haritasının çıkarılmasıdır. Bu harita, veri toplanması ve toplanan verilerin kullanılarak gerçek zamanlı yer tespiti işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekmektedir. Bu harita sayesinde belirli noktalardan alınan sinyal güçlerinin değerleri o nokta ile özdeşleştirilebilmektedir. Benzer şekilde hareketli kullanıcının bulunduğu yer, harita üzerinde anlık olarak gösterilebilecektir.

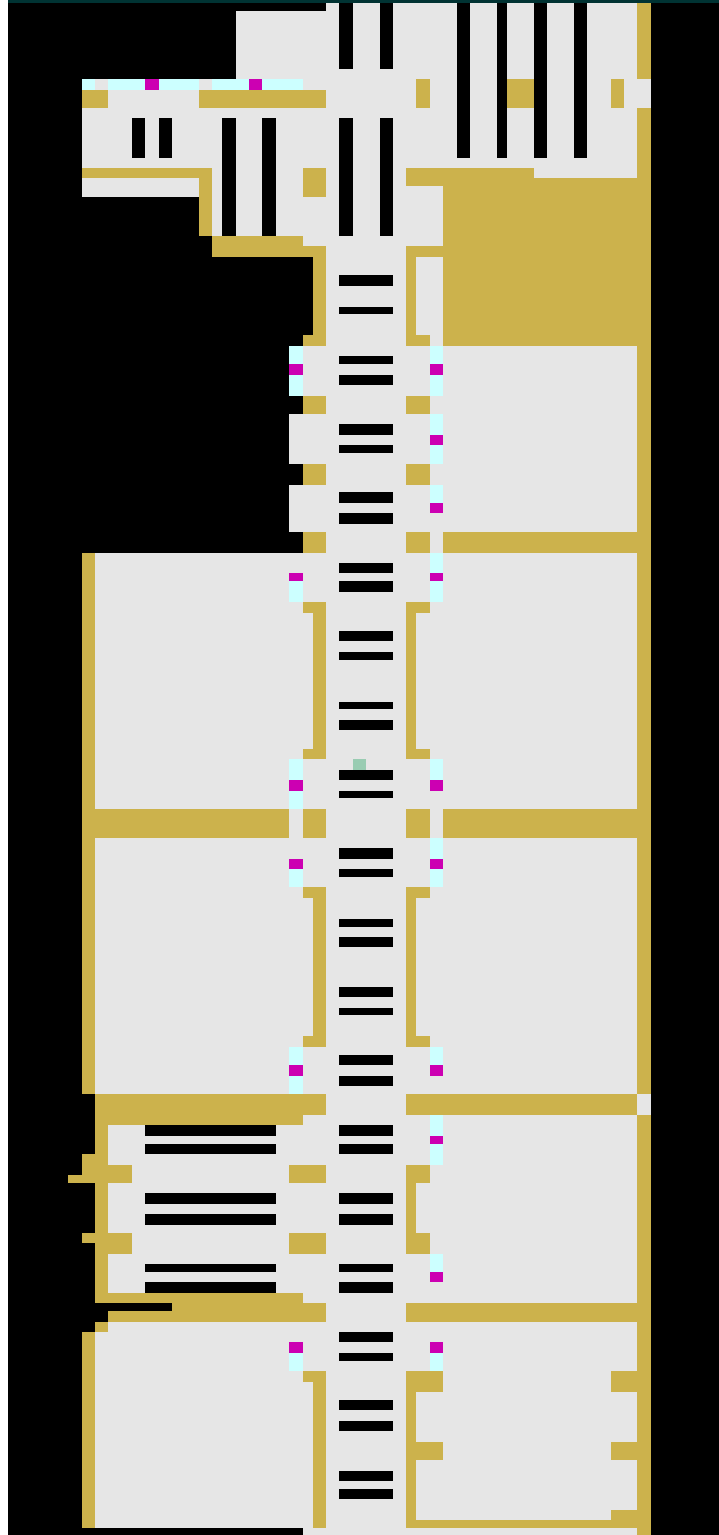
Bu tez çalışmasında, 8 adet sınıfın bulunduğu bir koridorda çalışılmıştır. Bu alanın iki boyutlu ve üç boyutlu haritaları hazırlanmıştır. Bu haritaların oluşturulmasında, bu alanda yerde bulunan kareler dikkate alınmıştır. Bu kareler sayılarak, aynı sayı ve sırada bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Haritanın ölçeklendirilmesi yine bu karelerin boyutlarının değiştirilmesi ile mümkün olmuştur.

Haritanın hazırlanmasında OpenGL teknolojisi kullanılmıştır. OpenGL iki boyutlu ve üç boyutlu grafikleri ekrana çizdirmek için kullanılan bir kütüphanedir. OpenGL ücretsiz elde edilebilir. Windows, Linux, MacOS, Solaris gibi birçok işletim sistemi tarafından desteklenir. Nvidia, Intel gibi ekran kartı üreticileri ürünlerinde OpenGL desteği sunar. Tez çalışması Java ortamında hazırlandığı için OpenGL kütüphanesini Java ortamına taşıyan gl4Java kütüphanesi kullanılmıştır.

Tez çalışması sırasında farklı ihtiyaçlara gerek duyulduğu için veri toplama ve gerçek zamanlı yer tespiti işlemleri için ayrı haritalar hazırlanmıştır. Veri toplama için hazırlanan harita (Resim 5) sadece iki boyutlu olup, veri alınan noktaların harita üzerinde gösterilmesi imkânını sunmaktadır. İkinci tip harita ise yer tespiti işlemlerinin yapıldığı harita olup iki (Resim 6) ve üç boyutlu (Resim 8) gösterimleri vardır. Bu harita çalışılan ortamın özelliklerini de - duvar, kapı gibi nesnelere - ekranda gösterir. Bunlara ek olarak kullanım esnasında yer tahminine de - kare şeklinde - haritada yer verir.



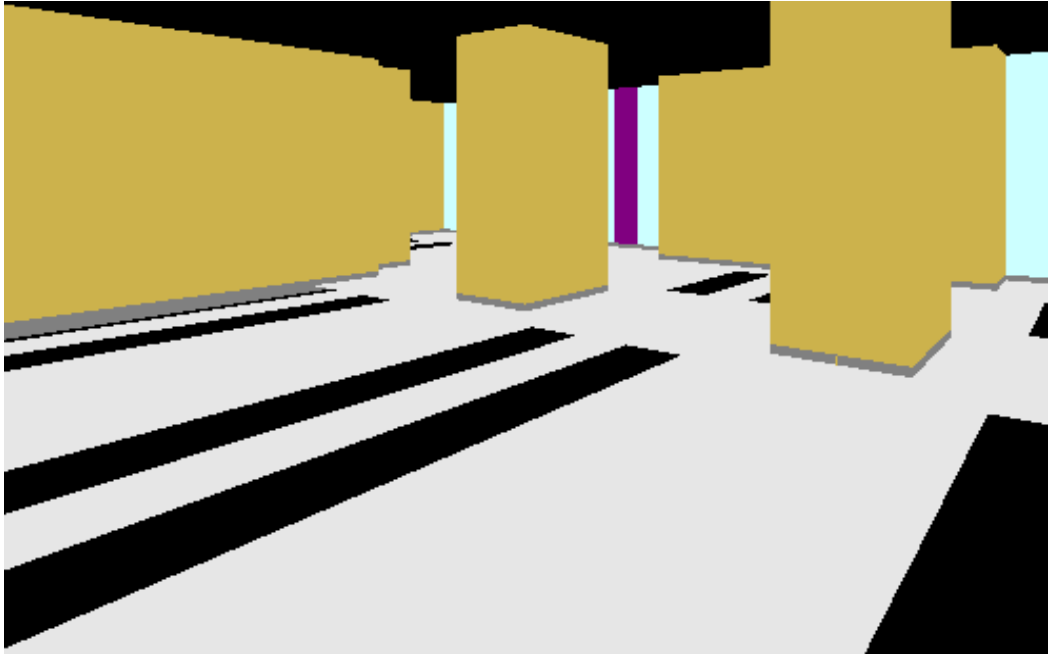
Resim 5 Veri Toplama İşleminde Kullanılan Harita



Resim 6 Pozisyon Tahmin İşleminde kullanılan Harita



Resim 7 Çalışılan Alan



Resim 8 Çalışılan Alanın Üç Boyutlu Görüntüsü

3.2 VERİ TOPLAMA

Alan araştırması aşamasından sonra gelen aşama veri toplanmasıdır. Veri toplama üzerinde çalışılan alanda belirli noktalardan sinyal güçlerinin alınıp bu değerlerin veri tabanına aktarılması işlemidir. Veri tabanındaki bu değerler, yer tespit tahminlerinin yapılmasında kullanılır.

Belli noktalardan verilerin toplanıp veri tabanına aktarılması işlemine veri toplama denilmektedir. Bu tez çalışmasında veri tabanı, veri alınan noktanın X ve Y koordinatları ile bu noktada ulaşılabilen bütün erişim noktalarının sinyal gücü bilgilerini saklar.

Erişim noktalarından gelen sinyallerin güçlerine ulaşabilmek için WRAPI (JWRAPI) teknolojisi kullanılmıştır. Wireless Research API (WRAPI) bir istemciye gelen sinyal gücü bilgilerinin elde edilmesini sağlar. WRAPI, 802.11b kablosuz iletişimde kablosuz iletişim bilgilerinin elde edilip kullanılması için gereklidir. WRAPI donanıma bağlı bir kütüphane değildir. WRAPI 802.11b kablosuz ağında çalışabilen, donanımdan bağımsız ve Windows XP işletim sistemi için geliştirilmiş bir kütüphanedir.

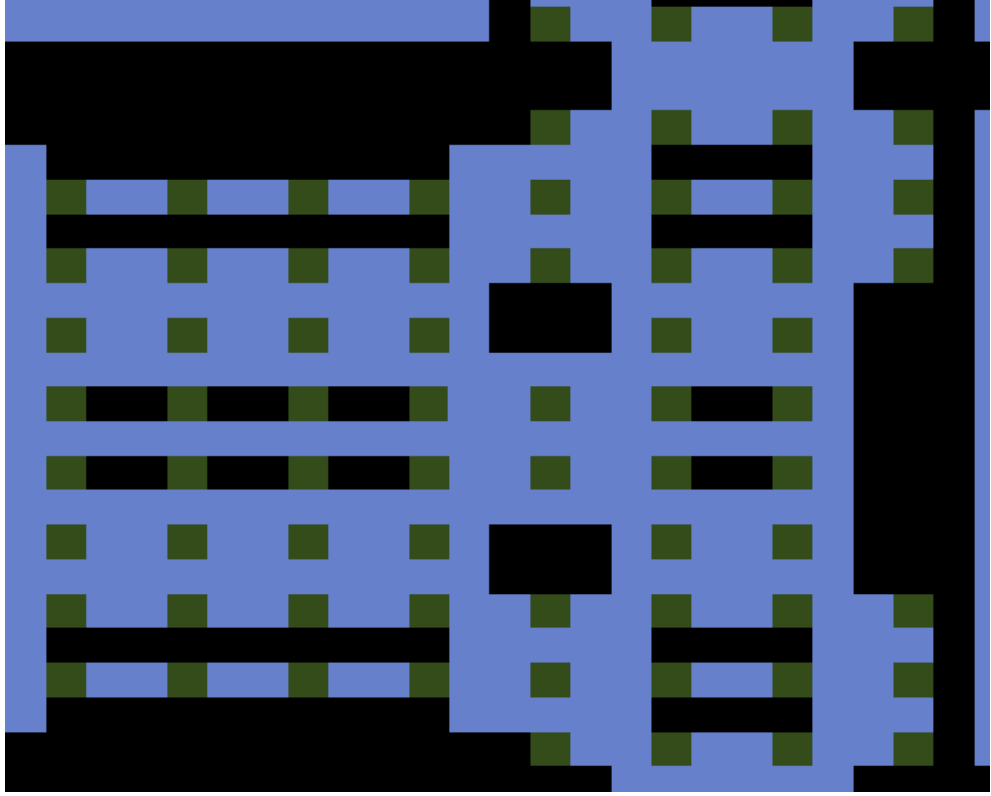
WRAPI kütüphanesi yer tespit işleminin yapıldığı alan içinde ulaşılabilen erişim noktalarından gelen sinyal güçlerini elde ederek veri tabanının oluşturulması ve yine bu sinyal güçlerinin kullanılarak anlık yer tespiti işlemlerinin yapılmasını sağlar. WRAPI kablosuz ağ ile ilgili bilgilere NDIS User Mode I/O Protokolü (NDISUIO) ile ulaşır. WRAPI'yi kullanabilmek için NDISUIO Windows hizmetinin açık, Windows'un Kablosuz Sıfır Yapılandırıcısı hizmetinin kapalı olması gerekir. Kablosuz Sıfır Yapılandırıcısı hizmeti genellikle çalışma zamanında başlatılan bir Windows hizmetidir. Kablosuz Sıfır Yapılandırıcısı ulaşılabilen erişim noktalarını gözlemleyen ve en yüksek sinyal gücüne sahip olana bağlanmaya yarayan bir hizmettir. Bu hizmet otomatik olarak NDISUIO'ya bağlanır ve WRAPI gibi başka uygulamaların NDISUIO'ya bağlanmasını engeller.

WRAPI ile ortamda bulunan erişim noktalarının bir listesine ve bunların sinyal güçleri ve MAC adresleri gibi bilgilere ulaşılabilir.

JWRAPI Java ortamında hazırlanmış ve Microsoft Windows XP'de 802.11 cihazlarına ulaşımı sağlayan bir kütüphanedir. JWRAPI C++ programlama dilinde hazırlanmış WRAPI'nin Java ortamında kullanımını sağlayan kütüphanedir [22].

Bu tez çalışmasında veri toplama işlemi belirli noktalardan JWRAPi Kütüphanesi kullanılarak, ulaşılabilen erişim noktalarından sinyal gücü değerleri alınarak yapılmıştır. Veri alınmak istenen nokta, harita üzerinde işaretlenip X ve Y koordinatları tespit edilmiştir. Verinin alındığı her bir noktadan 1'er saniye aralıklarla toplam 100 veri alınmıştır. Elde edilen sinyal güçleri arasından, değerleri sıfır olanlar çıkarılıp geriye kalan değerlerin ortalamaları alınarak hesaplanan değerler, noktanın koordinatları ile birlikte veri tabanına alınmıştır. Veri tabanında her bir sırada noktanın koordinatlarının X ve Y değerleri ile o noktadaki sinyal gücü değerleri [X, Y, AP1, AP2, AP3,.....,APn] şeklinde yer almaktadır. Verisi alınan noktalar harita üzerinde de işaretlenerek belli edilmiş ve böylelikle başka bir zaman yeniden aynı noktadan veri alma işleminin önüne geçilmiştir. Veri alma işlemi, genellikle, 1'er m. aralıklarla değişik noktalarda yapılmıştır.

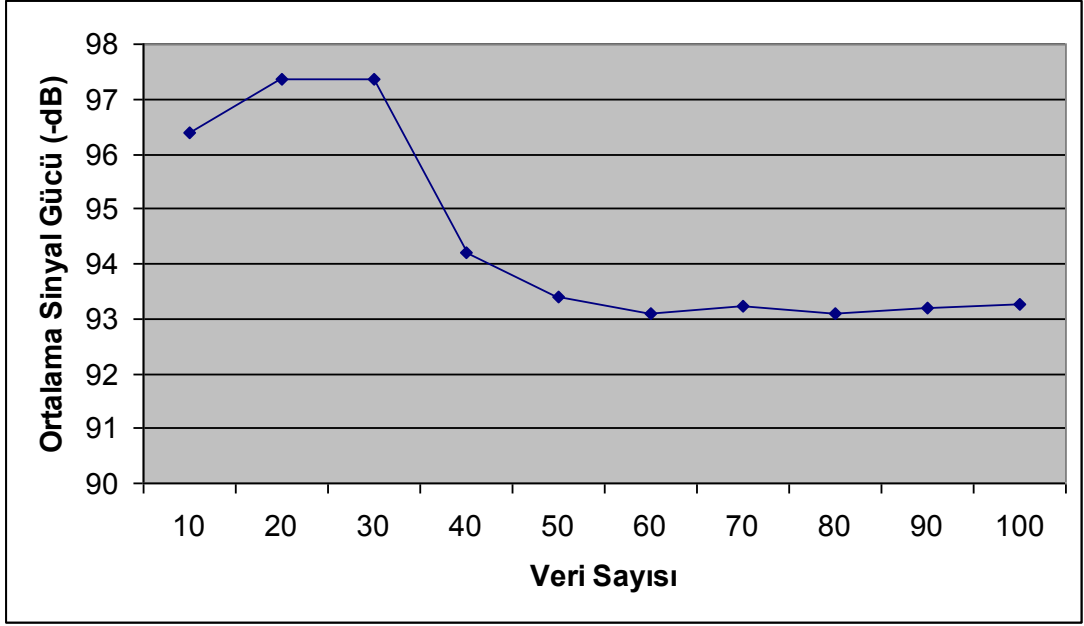
Resim 9'da veri alma işleminde kullanılan haritanın bir kısmı görülmektedir. Haritada yeşil renk ile gösterilen noktalar sinyal gücü değerlerinin alındığı yerleri göstermektedir.



Resim 9 Sinyal Gücü Alınan Noktaların Harita Üzerinde Gösterimi

Veri toplama işleminde önemli olan bir konu bir noktadan kaç adet veri alınacağıdır. Bunun için yapılan gözlemlerde 50 verinin altındaki verilerin çok güvenilir sonuçlar vermediği gözlenmiştir.

Grafik 1, veri toplama işlemi sırasında bir erişim noktası için belirli bir noktadan alınmış sinyal gücü değerlerinin veri sayısına göre değişimini göstermektedir.



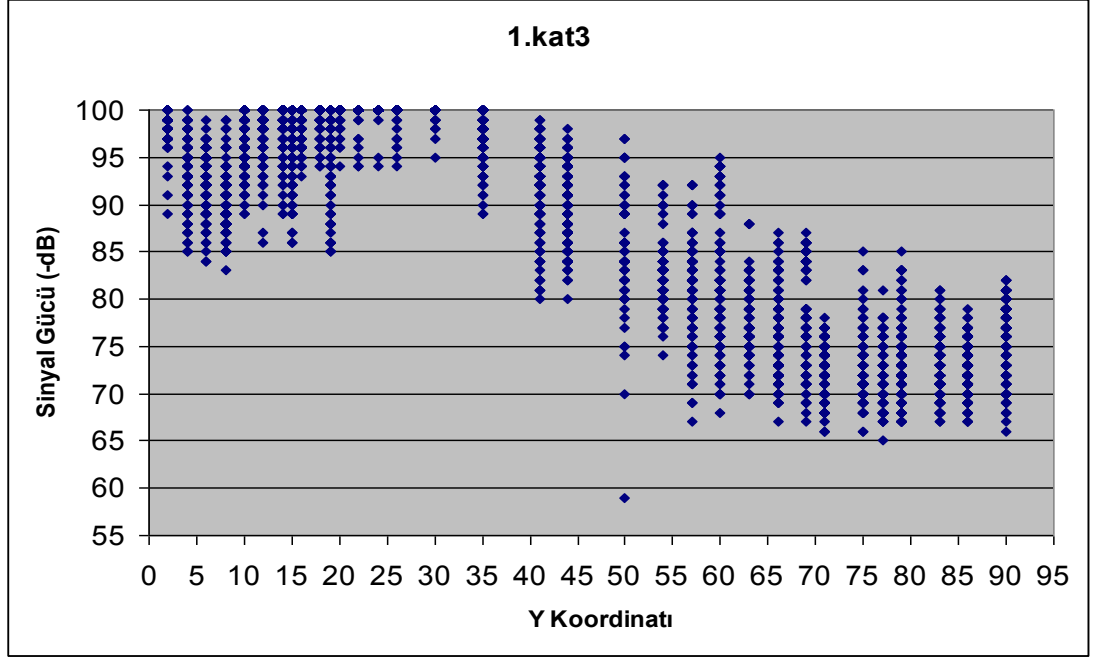
Grafik 1 Toplam Veri Sayısına Göre Ortalama Sinyal Gücü Değişim Grafiği

Grafik 1'den de anlaşılacağı gibi 50'nin altındaki veri sayısında ortalama sinyal gücü değerleri çok çeşitlilik gösterirken 50 ve üzeri değerler için farklılıklar azalmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında veri toplama aşamasında 50'nin altında veri toplayıp, bu verilerinin ortalamalarının alınmasının doğru sonuçlar vermeyeceği sonucuna varılmış ve mümkün olduğu kadar toplanabilecek verinin, veri tabanındaki değerlerin doğruluğunu artıracığı düşünülmüştür. Bu nedenle her bir noktadan 100'er veri toplanıp bu değerlerin ortalamaları alınmıştır.

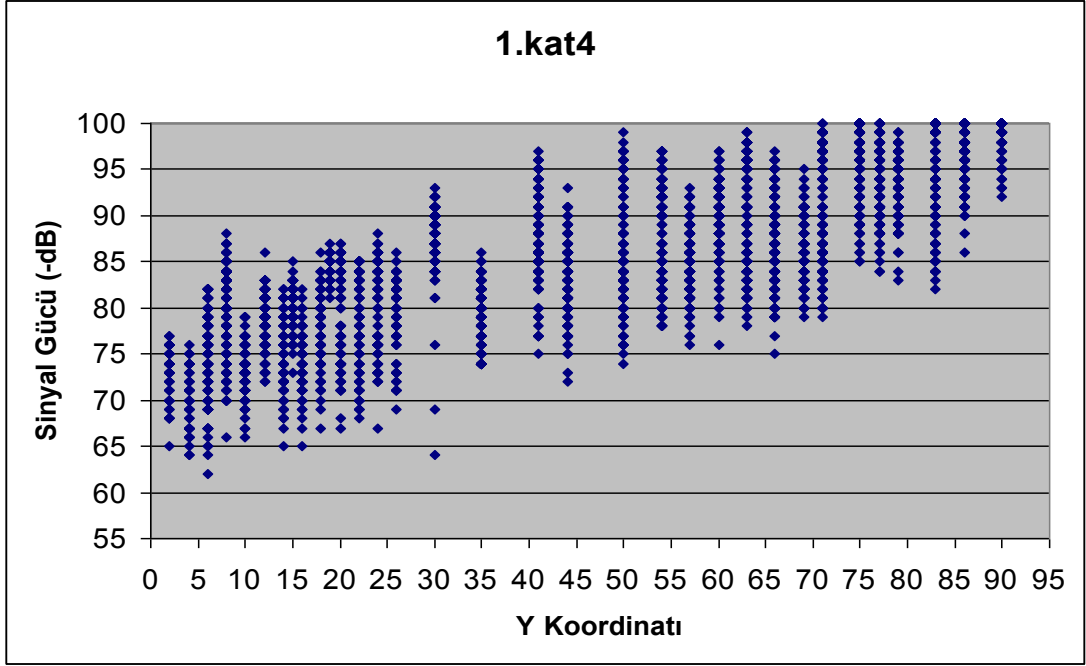
3.2.1 Veri Toplama Evresi Sonucu Elde Edilen Sonuçlar

Veri toplama işleminin ardından oluşturulan veri tabanındaki değerler kullanılarak bazı gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemlerden bir tanesi, sinyal gücü değerlerinin koridor boyunca erişim noktalarına olan mesafelere göre nasıl değiştiğidir. Bu gözlemin sonucunda mesafe ile birlikte sinyal güçlerinin de azaldığı sonucuna varılmıştır.

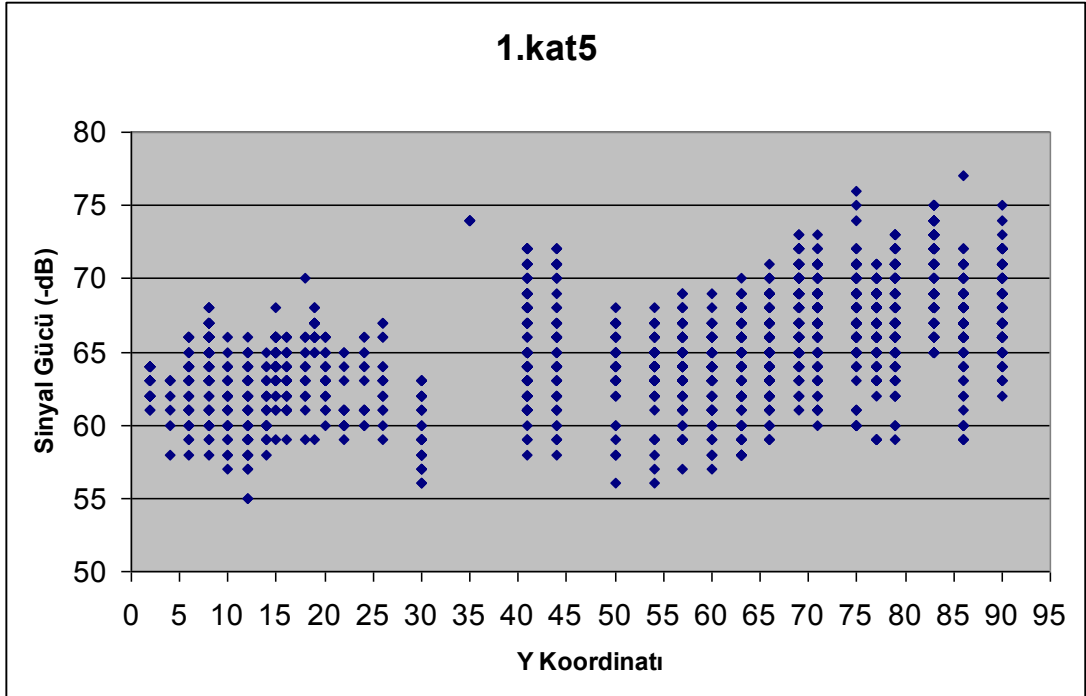
Yer tespit çalışmasının yapılacağı alan üzerinde üç adet erişim noktası bulunmaktadır. Grafik 2, Grafik 3 ve Grafik 4 bu üç erişim noktası için elde edilen sinyal gücü değerlerini Y koordinatına göre göstermektedir.



Grafik 2 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri

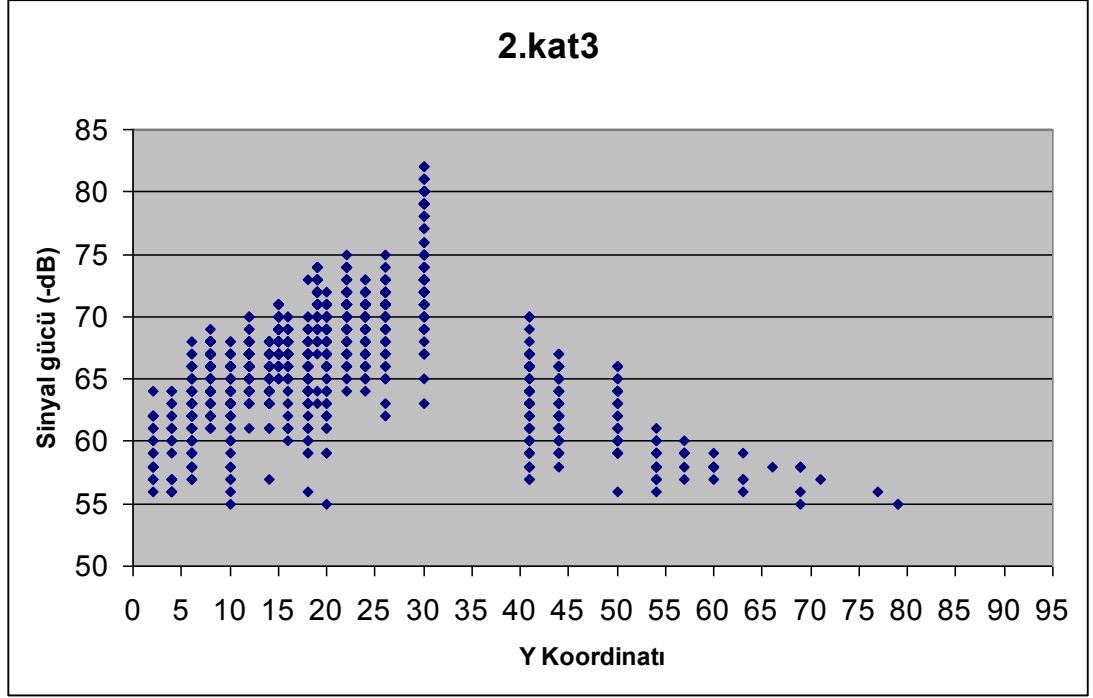


Grafik 3 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 4'den gelen Sinyal Gücü Değerleri

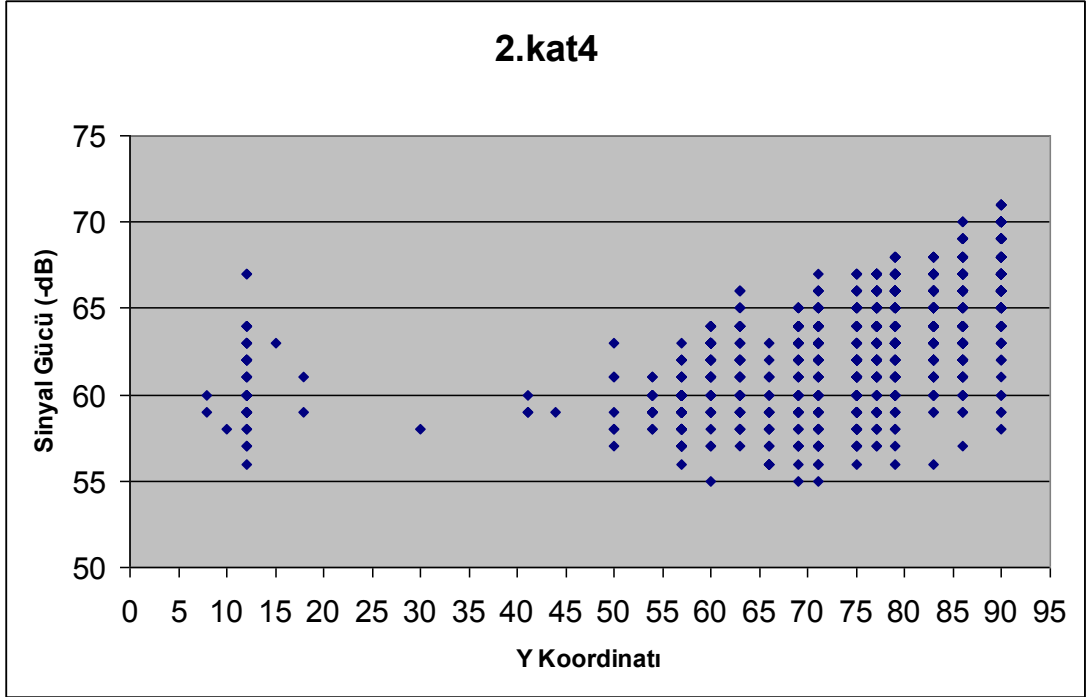


Grafik 4 Y Koordinatı Boyunca 1. Kat 5'den gelen Sinyal Gücü Değerleri

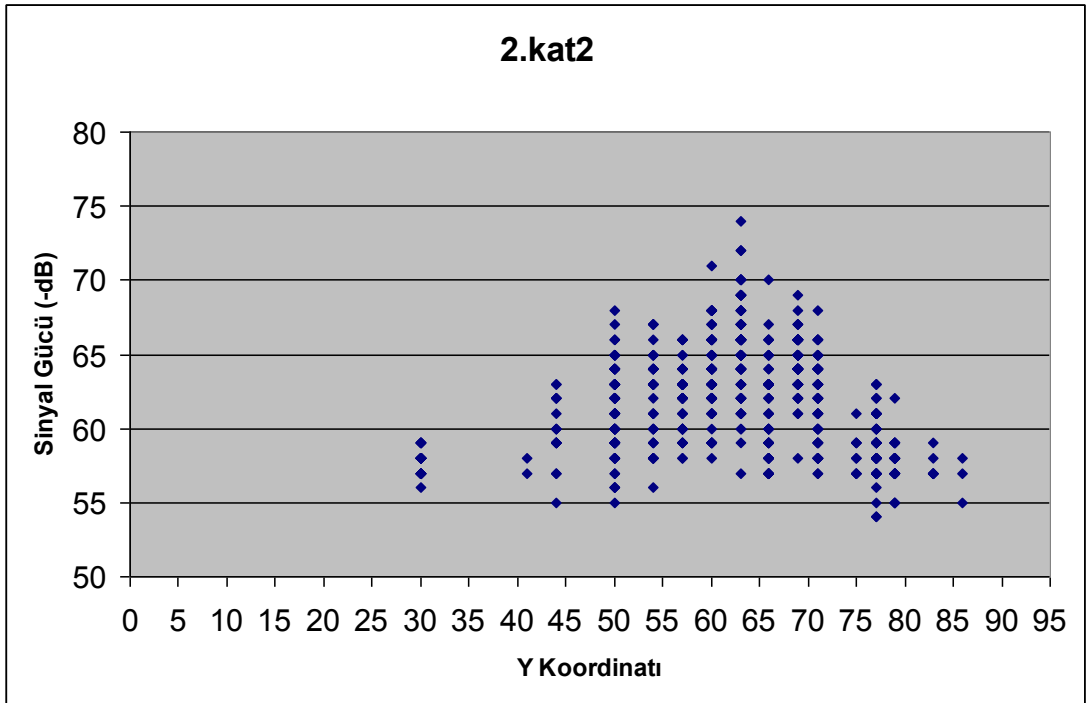
Benzer şekilde, çalışılan alan üzerinde bulunmayan, farklı katlarda bulunan fakat ulaşılabilen erişim noktaları için de benzer durumlar gözlenmiştir. Grafik 5, 6,7,8, 9 bu erişim noktaları için sinyal gücünün mesafeye göre değişimi göstermektedir.



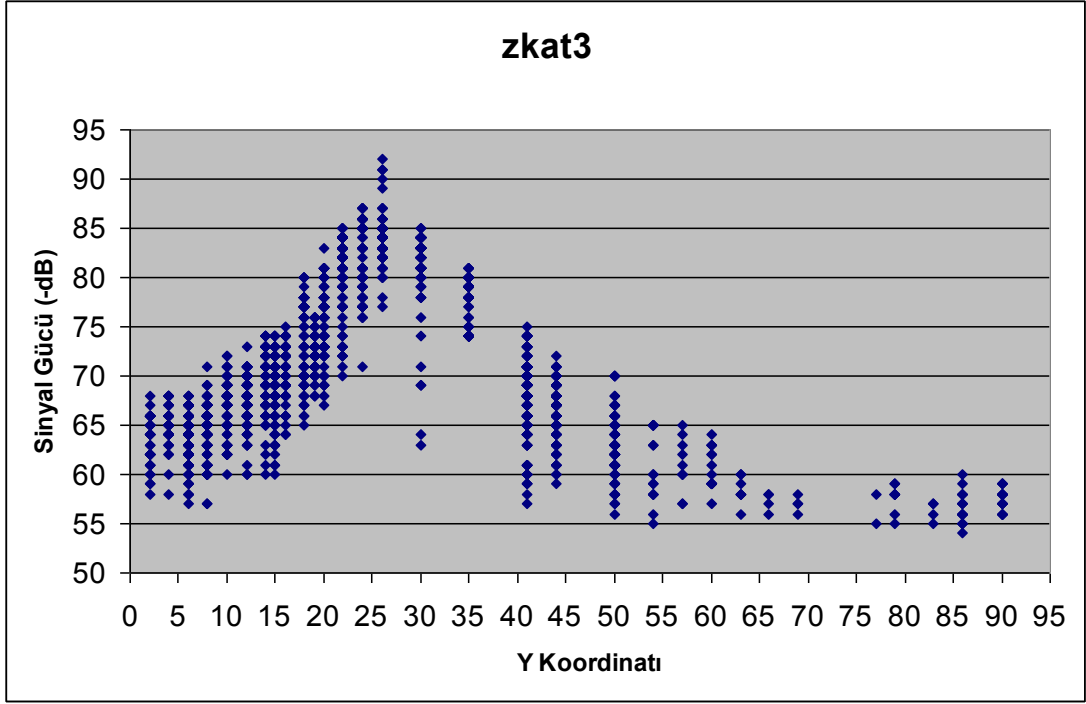
Grafik 5 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri



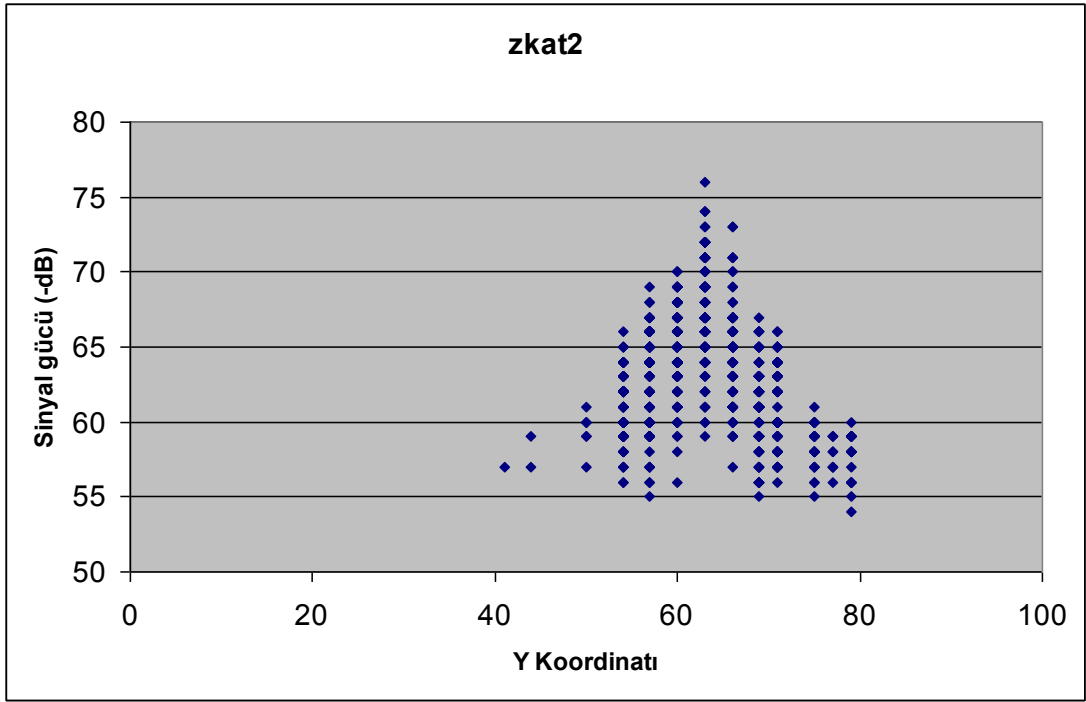
Grafik 6 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 4'den gelen Sinyal Gücü Değerleri



Grafik 7 Y Koordinatı Boyunca 2. Kat 2'den gelen Sinyal Gücü Değerleri

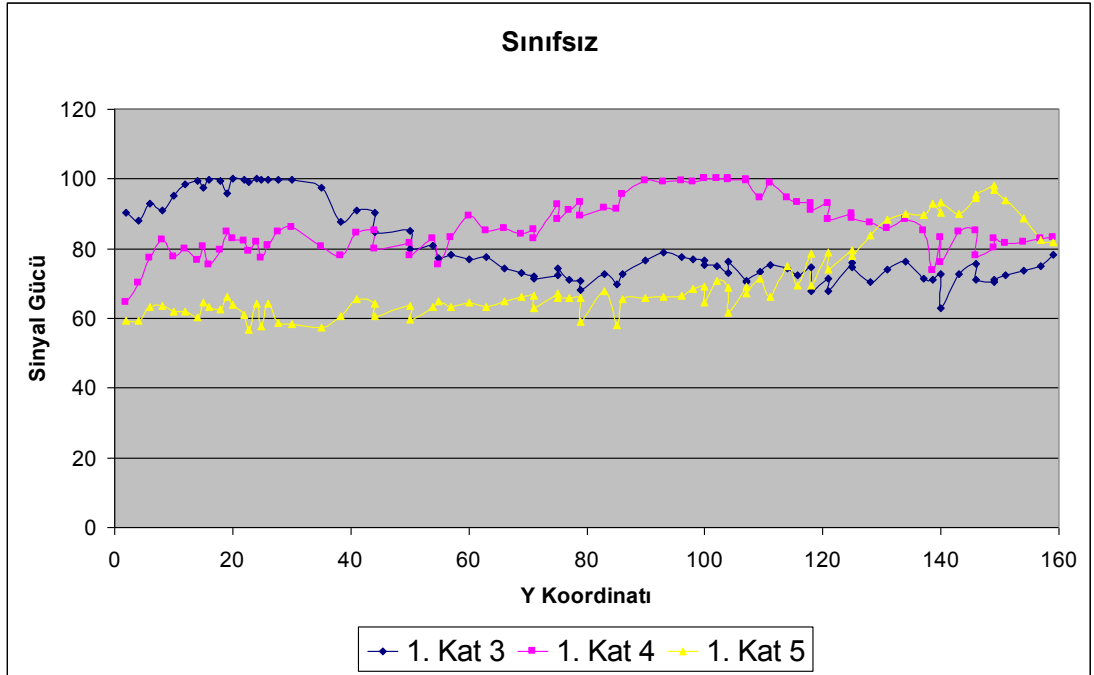


Grafik 8 Y Koordinatı Boyunca Zemin Kat 3'den gelen Sinyal Gücü Değerleri



Grafik 9 Y Koordinatı Boyunca Zemin Kat 2'den gelen Sinyal Gücü Değerleri

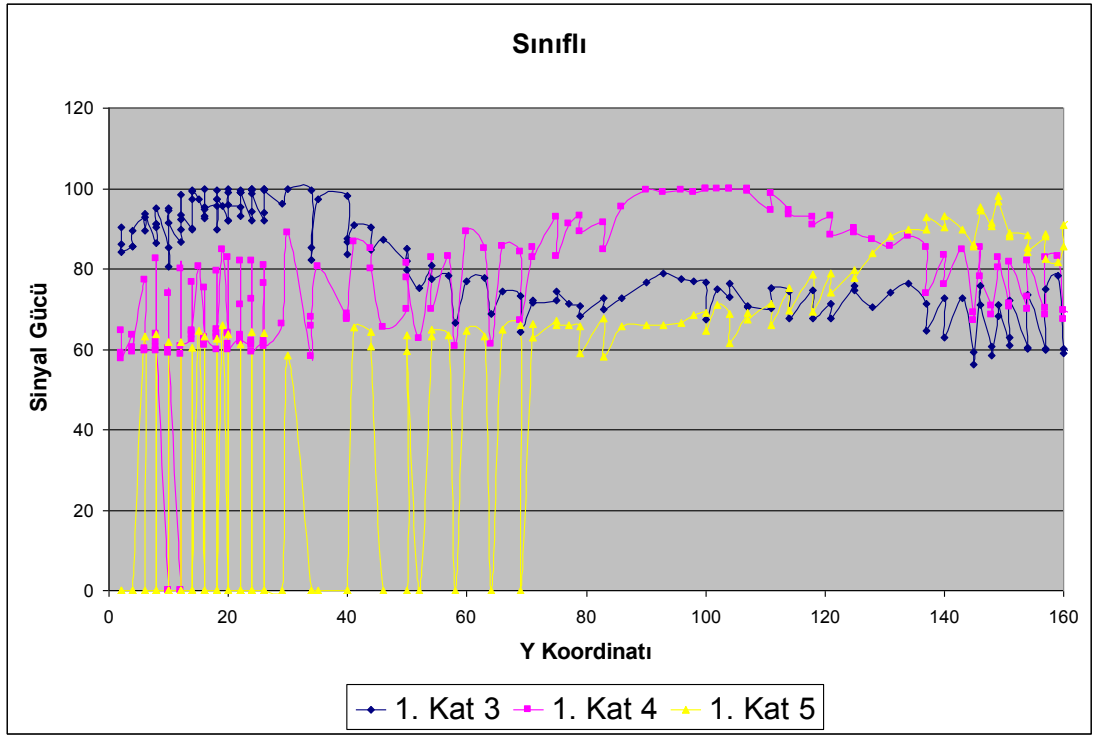
Veri toplama işlemi esnasında yapılan bir gözlem de sinyallerin çok yönlü yayılımlarının sisteme olan etkileridir. Bina içi sistemlerin sonuçlarının doğruluğuna etkisi olan sinyallerin çok yönlü yayılım etkilerinin, sinyal güçlerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla veri tabanında bulunan veriler arasında sınıf verilerinin içerildiği veriler çıkarılmış ve sadece çalışılan koridor boyunca alınan veriler incelenerek sinyal gücü grafiği çizilmiştir. Bu grafikte koridor boyunca sinyal güçlerinin erişim noktalarına olan mesafeye göre düzenli değiştiği gözlenmiştir. Buna göre belli bir erişim noktasından uzaklaştıkça sinyal gücünde azalma, yaklaştıkça sinyal güçlerinde artma olduğu ve bu değişimin doğrusal denilebilecek oranda olduğu gözlenmiştir. Grafik10'da sınıflardan alınan sinyal gücü değerleri alınmadan, koridor boyunca elde edilen sinyal güçleri değerlerinin Y koordinatına göre değişimi gösterilmektedir.



Grafik 10 Y Koordinatı Boyunca Sinyal Güçlerinde Gözlenen Değişimler

Sinyallerin çok yönlü yayılma etkisinin sinyal gücüne olan etkisini görebilmek için erişim noktalarına olan mesafeye göre sinyal gücü grafiğinin, sınıflardan toplanan verileri de içine alacak şekilde çizilmesi gerekir. Çizilen bu grafikte de gözlenen

sonuç sinyal güçlerinin erişim noktasına olan mesafeye göre bir önceki Grafik10 ile benzer şekilde değişmesidir. Fakat bu durumda sinyal güçlerinde ki değişimlerin tahmin edilemez şekilde ve sapmaların da çok daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç yer tespit işlemleri sırasında sınıfların içinde bulunduğu zamanlarda hata oranının artacağı ve bu nedenle sistemin ortalama hata oranının da buna bağlı olarak artabileceği sonucuna ulaşılmasını sağlamıştır. Grafik11, sınıf verileri de dâhil edilerek koridor boyunca elde edilen sinyal güçleri değerlerinin Y koordinatına göre değişimi gösterilmektedir.



Grafik 11 Y Koordinatı Boyunca Sinyal Güçlerinde Gözlenen Değişimler

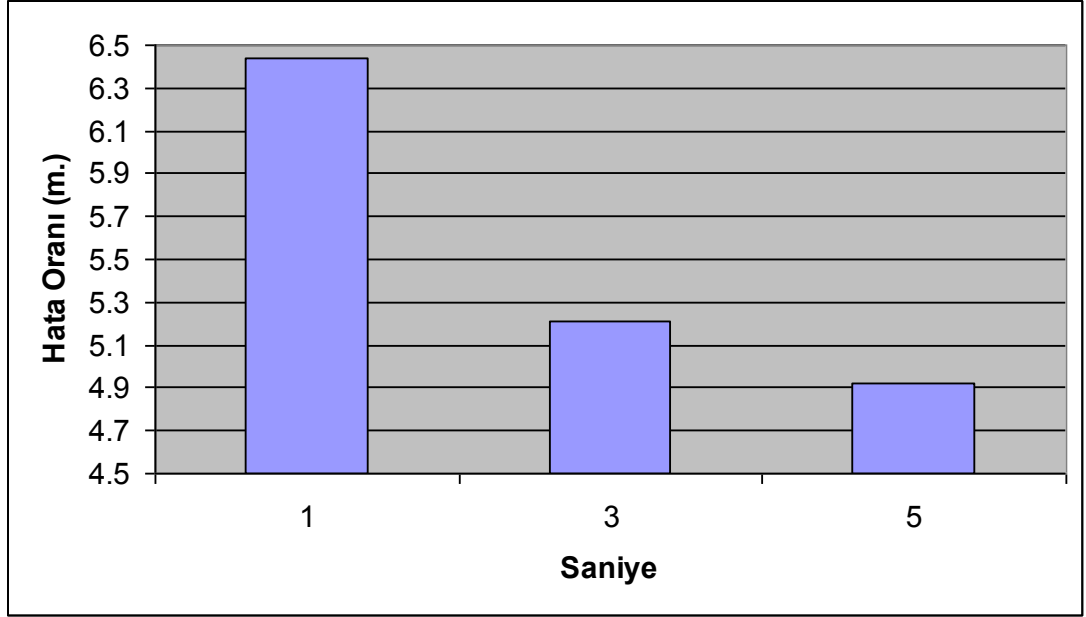
Grafik 10 ve Grafik 11 incelendiğinde sınıflardan alınan sinyal gücü değerleri ihmal edildiğinde Y koordinatına göre sinyal gücü değerlerindeki değişikliklerin düzgün olduğu, sapmaların fazla olmadığı sonucuna ulaşılabilir. Sınıflardan alınan sinyal gücü değerleri hesaba katıldığında ise sinyallerdeki bozulmalar fazla olduğundan sapmaların çok fazla olduğu görülmektedir.

3.3 POZİSYON TAHMİN İŞLEMİ

Pozisyon tahmin safhası, anlık pozisyon tespit işlemlerinin yapıldığı evredir. Kullanıcının bulunduğu yer, bu evrede sistemde gözlenebilir. Kullanıcının bulunduğu yer önceki evrelerde hazırlanan veri tabanındaki veriler kullanılarak, oluşturulan harita üzerinde gösterilir.

Yer tahmin evresinde kullanıcının yeri önceden hazırlanmış veritabanındaki değerler kullanılarak tahmin edilir. Çalışılan alanda ulaşılabilen erişim noktalarından gelen sinyallerin güç değerleri alınır. Bu değerler veritabanındaki değerlerle karşılaştırılarak yer tespit işlemi yapılmaya çalışılır. Bu evrede, çevredeki erişim noktalarından sinyal gücü alabilen hareketli bir cihaz çevreyi gözlemleyerek ulaşabildiği erişim noktalarından sinyal gücü değerleri alır. Hareketli cihaz bu işlemi belirli aralıklarla yapar. Elde edilen değerler, veri tabanındaki değerlerle kıyaslanarak kullanıcının bulunduğu yer belli aralıklarla harita üzerinde gösterilmeye çalışılır. Bu durumda karar verilmesi gereken bir nokta kullanıcının bulunduğu yerin tespit işleminin ne kadar sıklıkta yapılacağıdır. Diğer bir deyişle harita üzerinde güncelleme işleminin ne kadar süre sonra gerçekleştirileceğidir.

Bu amaçla yapılan çalışmada belli süre aralıklarında güncelleme işlemi yapılmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Yapılan çalışmada öncelikle 1 saniye aralıklarla yer tespit işlemi yapılmıştır. Bu bir saniye içinde her 100 milisaniyede çevredeki erişim noktalarından sinyal gücü değerleri alınmış ve bu değerler veri tabanında bulunan değerlerle karşılaştırılarak yer tespit işlemi yapılmıştır. Bir sonraki test çalışmasında 3'er saniye aralıklarla yer tespit işlemi benzer şekilde yapılmıştır. Son olarak aynı işlemler 5 saniyelik güncelleme süresi için yapılmıştır. Böylelikle sırasıyla 10, 30 ve 50 veri kullanarak yer tespit işlemleri yapılmış, sonuçlar Grafik12'de gösterilmiştir.



Grafik 12 Yer Tahmin İşlemi Güncelleme Süresinin Hata Oranına Etkisi

Grafik 12’den 5 saniyelik bir güncelleme süresinin ideal olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sürenin altındaki değerlerde ortalama hata oranı yüksek çıkarken, üzerindeki değerler için güncelleme çok yavaş olmaktadır.

3.3.2 Pozisyon Tahmin İşleminde Kullanılan Yöntemler

Yer tespit işleminin gerçekleştirilmesi için erişim noktalarından elde edilen anlık sinyal güç değerleri veritabanında bulunan değerlerle karşılaştırılmalıdır. Yer tespit işlemlerinin yapılması sırasında erişim noktalarından gelen sinyal güçlerinin veritabanında yer alan değerlerle karşılaştırılması belli bir algoritma kullanılarak yapılır. Bu işlemin belli aralıklarda tekrar edilmesi hareketli cihazın çalışılan alan üzerinde değişen yerinin belli aralıklarla tahmin edilmesine, dolayısıyla bu cihazın hareketinin gözlemlenmesine olanak tanır.

Yer tahmin işlemlerinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi erişim noktalarından gelen anlık sinyal gücü değerleri ile veritabanında bulunan sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafesinin hesaplanmasıdır.

Bu tez çalışmasında yer tahmin işlemlerinde için kullanılan algoritmalar Öklit mesafesine dayanmaktadır. Öklit mesafesi, yeri tahmin edilecek hareketli cihazın erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri ile veri tabanındaki değerler arasındaki Öklit mesafesine göre yer tahmininde bulunur. Öklit mesafesi hesabı; veri tabanında bulunan her bir erişim noktasının sinyal gücü değerlerinin hareketli cihazın bu erişim noktalarından elde ettiği anlık sinyallerin güç değerleri arasındaki farkın karelerinin toplamının karekökünün alınmasıyla yapılır.

Örneğin veri tabanında bulunan veriler (X, Y, VAP1, VAP2,VAP3,.....,VAPn) şeklinde saklanmışsa, ve hareketli cihazın erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri (AP1, AP2,AP3,.....APn) şeklinde ise Öklit mesafesi;

$$\sqrt{(AP1 - VAP1)^2 + (AP2 - VAP2)^2 + (AP3 - VAP3)^2 + \dots + (APn - VAPn)^2}$$

şeklinde hesaplanır.

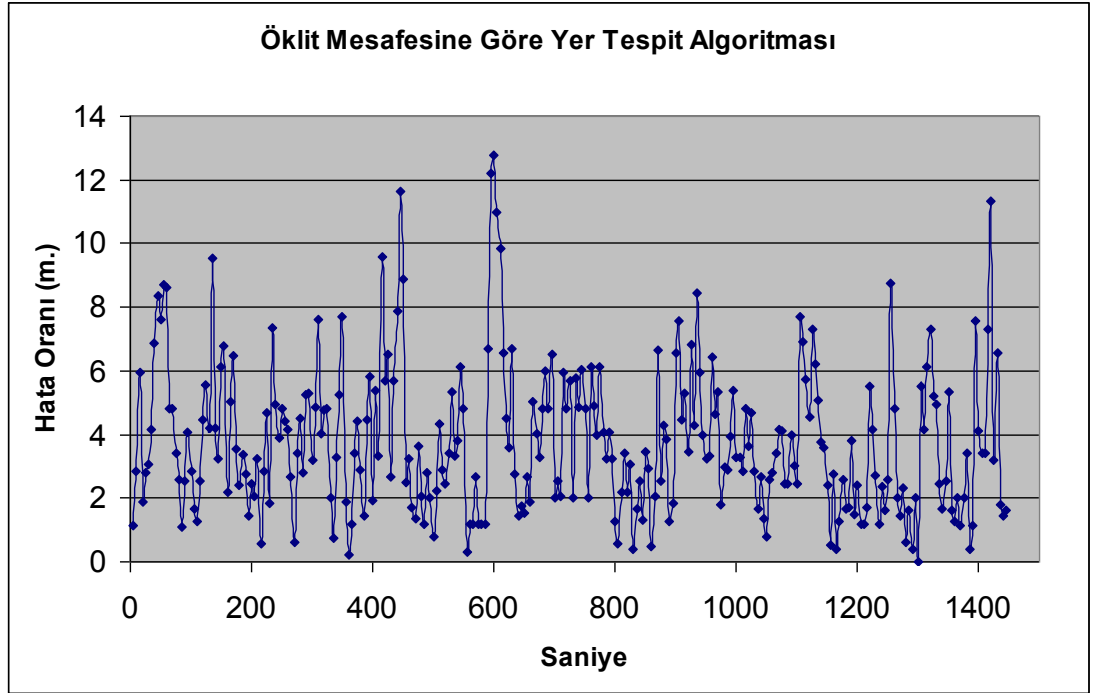
Tez çalışmasında yer tahmin işlemi Öklit mesafesi kullanılarak farklı algoritmalar ile yapılmıştır. Bu algoritmalar “Öklit Mesafesine Göre”, “Ortalama Öklit Mesafesine Göre”, “Bulunulan Yere Göre” ve Sinyal Gücü Değerlerine Göre “ yer tahmin algoritmaları olarak adlandırılmıştır. Bu algoritmalar ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak yer tahmin işlemleri yapılmıştır. Sonuçlar gözlemlenerek, aradaki farklar ortaya çıkarılmıştır.

3.3.2.1 Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Yöntemi

Bu algoritma hareketli bir cihazın ulaşabildiği erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri ile veri tabanında bulunan her bir noktanın sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafesinin hesaplanması ile yapılır. Veri tabanında yer alan her bir nokta için elde edilen Öklit mesafeleri arasından en küçük değere sahip olan nokta hareketli cihazın bulunduğu yer olarak tahmin edilir. Daha önce de bahsedildiği gibi

hareketli cihazın bulunduğu yerin tahmini 50 veri üzerinden yapılmaktadır. Elde edilen her 50 veri arasından sıfırdan farklı sinyal güçlerinin ortalamaları alınarak, ulaşılabilen erişim noktaları için sinyal gücü değerleri tespit edilir. Elde edilen bu değerler, veri tabanındaki değerlerle karşılaştırılır.

Grafik 13'te Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Algoritması kullanılarak hareketli bir cihazın yerinin tahminindeki hata miktarlarının zamana göre grafiği gösterilmektedir. Bu yöntem kullanılarak elde edilen ortalama hata oranı 3.998 m.'dir.



Grafik 13 Her bir Güncellemede ki Hata Oranı

Avantajları:

- Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması karmaşık değildir. Yapılması gereken tek şey veri tabanında bulunan değerler ile erişim noktalarından elde edilen anlık sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafesini hesaplamak ve

hesaplanan bu Öklit mesafeleri arasından en küçük değere sahip noktayı bulunulan nokta olarak atamaktır.

- Yer tahmin işlemlerinin hata oranları diğer algoritmalara göre kabul edilebilir orandadır.
- Yer tahmin işlemleri bir önceki tahmin işlemlerinden bağımsız olarak yapıldığı için, yapılabilecek yanlış tahminler bir sonraki tahminin doğruluğuna etkisi olmayacaktır. Bu nedenle yapılabilecek herhangi yanlış bir tahminin telafisi bir sonraki tahminde mümkündür. Böylelikle ortalama hata oranının çok yüksek çıkması engellenebilir.

Dezavantajları:

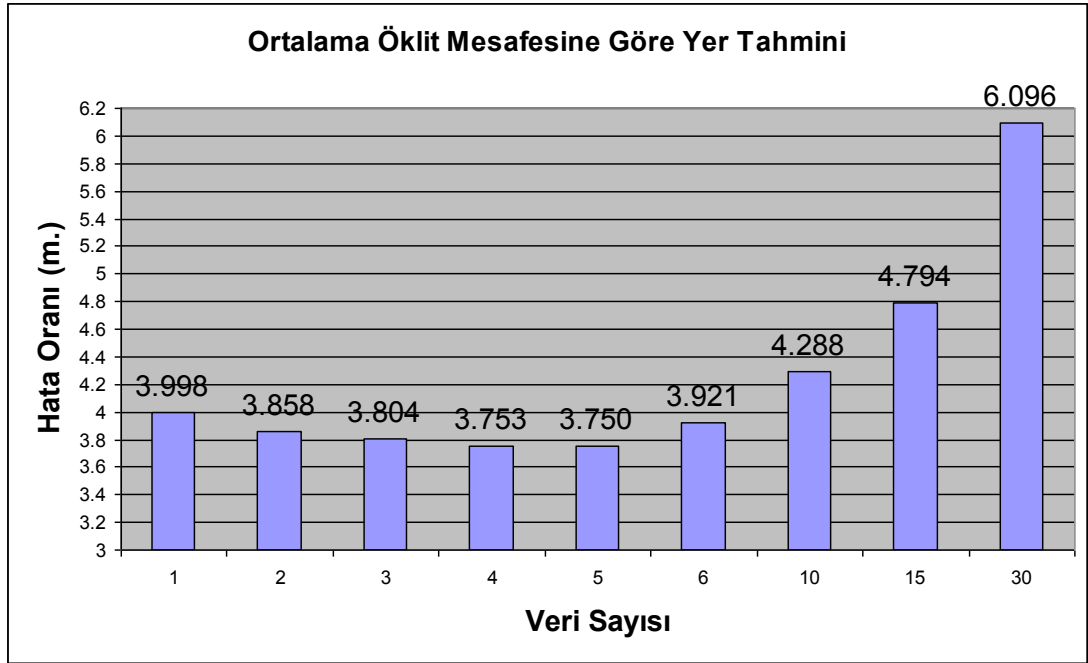
- Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması kullanılarak yapılan yer tahmin işlemleri sonucu tahmin edilebilecek noktalar veri tabanındaki noktalarla sınırlıdır. Veri tabanında bulunmayan bir noktanın tahmin edilmesi mümkün değildir. Bu durum hatalı tahminlerin yapılmasına neden olabilir. Hatalı tahminlerin önüne geçebilmek için veri tabanının oluşturulması sırasında sık aralıklarla ve çok sayıda noktadan veri alınması gerekmektedir.

3.3.2.2 Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Yöntemi

Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması, Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasına benzer şekilde çalışmaktadır. Bu algoritmada hareketli cihazın ulaşabildiği erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri ile veri tabanındaki her bir noktanın sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafeleri hesaplanır. Hesaplanan bu Öklit mesafesi değerleri küçükten büyüğe sıralanır. Sıralama sonucu en küçük Öklit mesafe değerine sahip istenilen sayıda nokta yer tahmin işleminde kullanılır. En küçük Öklit mesafesine sahip noktaların ortalamaları alınarak yer tahmin işlemi yapılır. Bu algoritmanın Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin algoritmasından farkı tek bir nokta yerine birden fazla noktanın yer tahmin işleminde kullanılmasına olanak tanımasıdır.

Bu algoritmanın kullanılmasında ilk olarak karar verilmesi gereken konu kaç noktanın yer tahmin işleminde ele alınması gerektiğidir. Bu amaçla tez çalışması esnasında farklı sayıda en küçük öklit mesafesine sahip noktalar kullanılarak gözlemler yapılmıştır.

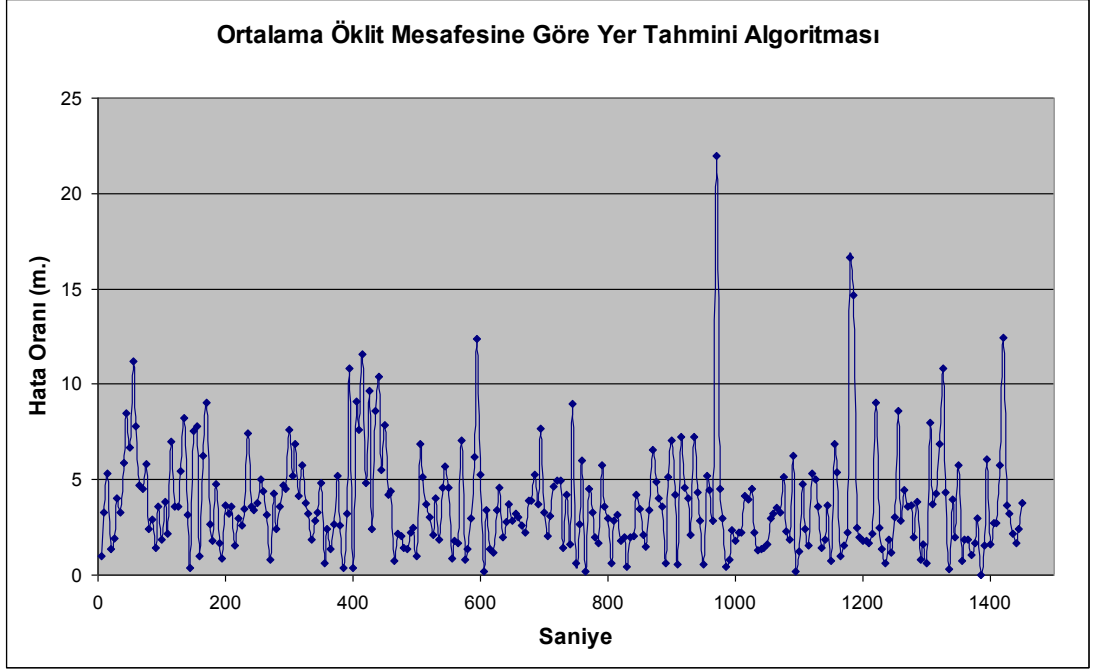
Grafik 14’de Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması kullanılarak yapılmış yer tahmin işleminin nokta sayısına göre ortalama hata oranı grafiği bulunmaktadır.



Grafik 14 Veri Sayısının Hata Oranına Etkisi

Grafik 14’den de görülebileceği gibi Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması kullanılarak yapılacak yer tahmin işlemleri için 5 noktanın en düşük hata oranını verdiği gözlemlenmiştir.

Grafik 15’te Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini Algoritması kullanılarak hareketli bir cihazın yerinin tahminindeki hata miktarlarının zamana göre grafiği bulunmaktadır.



Grafik 15 Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı

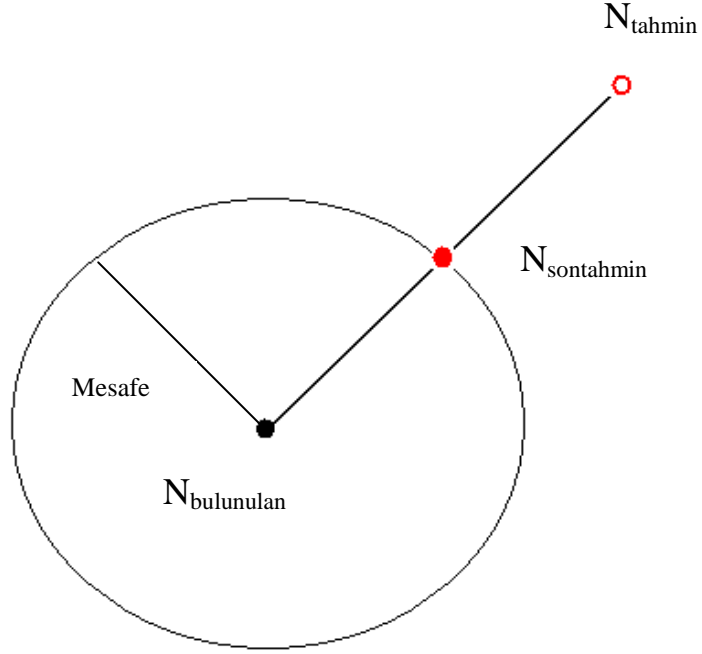
Avantajları:

- Yer tahmin işlemi tek bir nokta yerine birden fazla nokta kullanılarak yapıldığı için Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasına göre ortalama hata oranları daha düşüktür.
- Tahmin sonuçları veri tabanındaki noktalardan bağımsız hale gelmiştir. Bir başka deyişle, veri tabanında bulunmayan bir noktanın yer tahmini sonucu elde edilmesi mümkün hale gelmiştir.

Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritması kullanılarak yapılan yer tahmin işlemleri, Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasına göre yapılan işlemler sonucu elde edilen ortalama hata oranları açısından çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu hata oranlarında iyileştirmelerin yapılabilmesi için Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasında ek bir yöntem başvurulmuştur. Bu yöntemde her bir güncelleme süresi içinde hareketli cihazın alabileceği mesafe düşünülerek yer tahmininde bulunulmuştur. Bu yöntemde hareketli cihazın tahmin

işleminde önceki yeri ile tahmin sonrasındaki yeri arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Bu mesafenin hareketli cihazın güncelleme süresi içinde alabileceği en fazla mesafe oranından küçük olup olmadığına göre tahmin işlemi yapılmaktadır. Eğer tahmin öncesi ve sonrasındaki koordinatlar arasındaki uzaklık hareketli cihazın alabileceği mesafeden küçük veya eşitse tahmin edilen nokta üzerinde herhangi ek bir işlem yapmaya gerek yoktur. Ters durumda ise, yani iki nokta arasındaki uzaklık hareketli cihazın alabileceği mesafeden büyükse, tahmin edilen nokta hareketli cihazın alabileceği maksimum mesafe alanına çekilir. Bu amaçla, tahminden önce bulunulan nokta ile tahmin edilen nokta arasındaki doğru denklemi belirlenir. Elde edilen bu doğru denklemi kullanılarak tahminden önceki nokta ile hareketli cihazın gidebileceği mesafe değerine göre yeni tahmin noktası belirlenir.

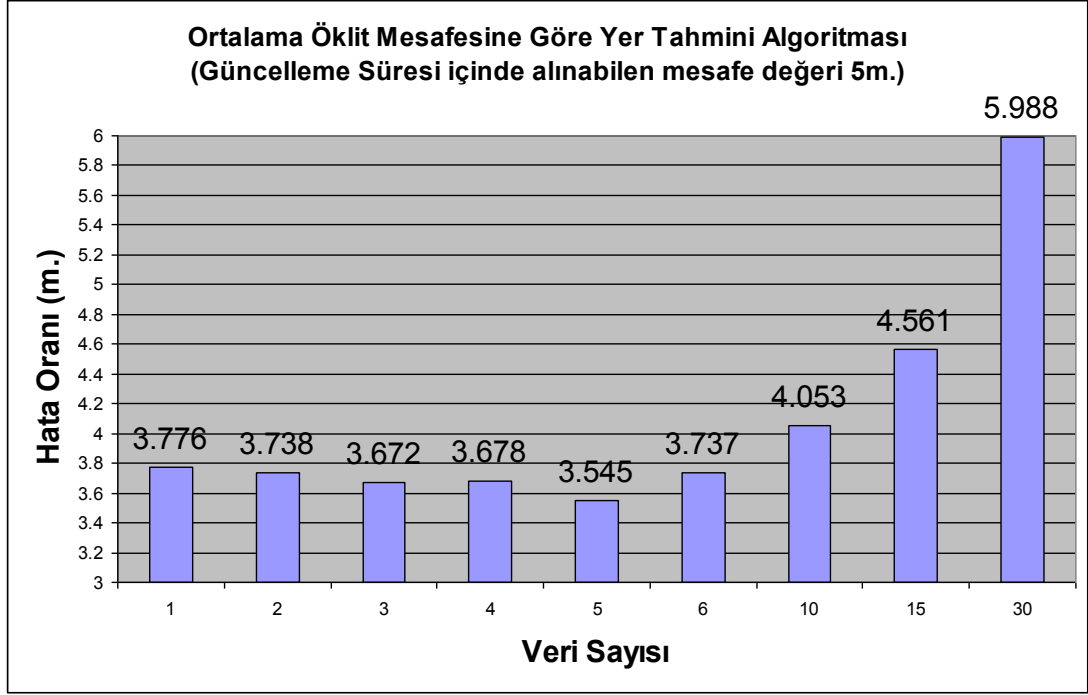
Şekil 7’de tahminden önce bulunulan nokta ile tahmin noktası arasındaki mesafenin mobile cihazın güncelleme süresi içinde alabileceği mesafeden daha fazla olması durumunda tahmin edilen noktanın mobile cihazın alabileceği mesafe sınırına nasıl çekilebileceği gösterilmektedir.



Şekil 7 Pozisyon tahmini sonucu elde edilen noktanın sınıra çekilmesi

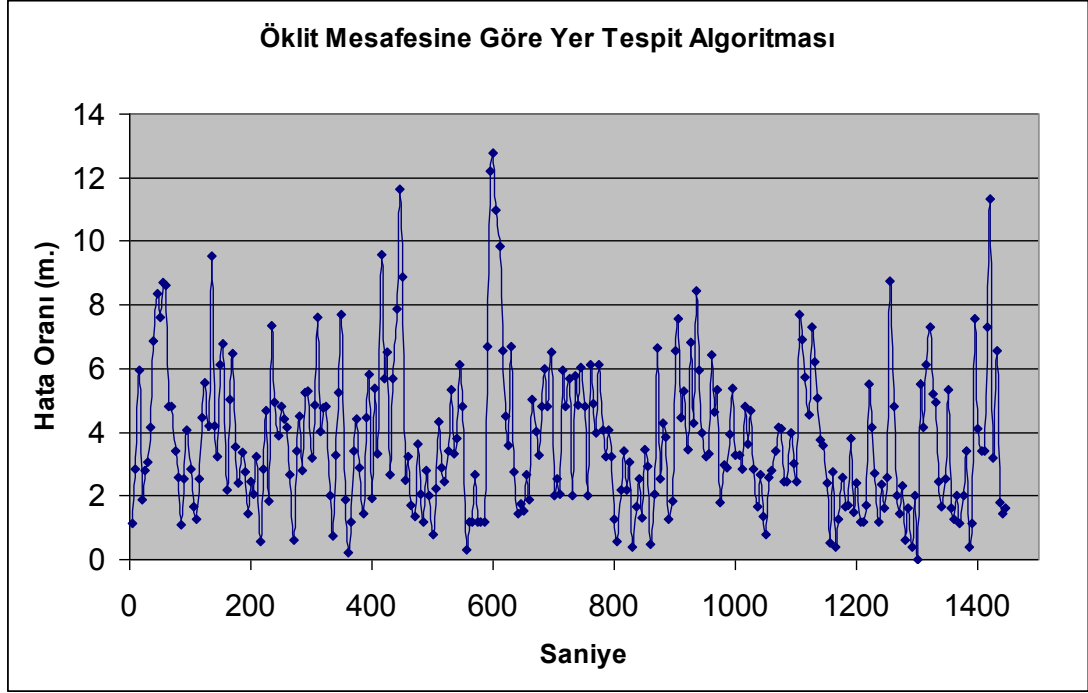
Tahmin edilen nokta (N_{tahmin}), bulunulan noktadan ($N_{bulunulan}$) önceden belirlenmiş “Mesafe” değerinden daha uzak ise bu nokta “Mesafe” değerine çekilir. Bu amaçla iki noktası bilinen doğrunun denkleminde, bu doğru üzerinde yer alan ve bulunulan noktaya ($N_{bulunulan}$) “Mesafe” değeri kadar uzaklıkta bulunan noktanın koordinatları hesaplanır.

Grafik 16’da Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasının hareketli cihazın alabileceği maksimum mesafe oranı hesaba katılarak yapılmış yer tahmin işleminin nokta sayısına göre ortalama hata oranı grafiği bulunmaktadır.



Grafik 16 Veri Sayısının Hata Oranına Etkisi

Grafik 17’de Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini algoritmasının hareketli cihazın alabileceği maksimum mesafe oranı hesaba katılarak yapılmış yer tahmin işlemleri sonucu edinilen hata oranlarının zamana göre değişim grafiği bulunmaktadır.



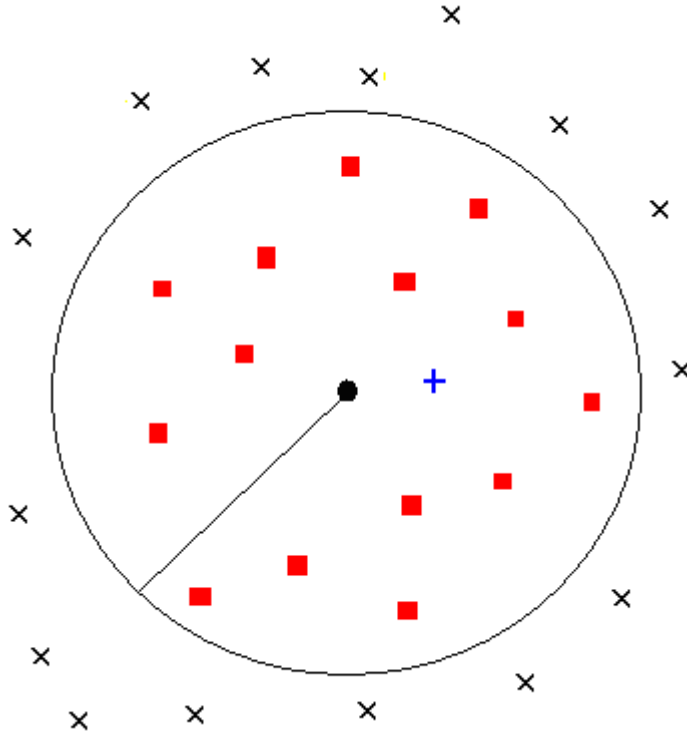
Grafik 17 Her bir güncellemede ki hata oranı

3.3.2.3 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yöntemi

Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritması da yer tahmin işlemlerini Öklit mesafelerine göre yapmaktadır. Bu algoritmada hareketli cihazın ulaşabildiği erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri ile veri tabanındaki her bir noktanın sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafeleri hesaplanır. Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasında yer tahmin işleminde hesaba katılacak noktalar, tahminden önce bulunulan noktadan önceden belirlenmiş bir mesafeden daha fazla uzakta olmayan noktalardır. Yer tahmin işlemi sonucu elde edilecek nokta, önceden belirlenmiş bu mesafe içinde yer alan noktalar arasında en küçük Öklit mesafesine sahip olan noktadır. Tahmin işleminde hesaba katılacak noktaların belirlenmesinde gerekli olan bu mesafe değeri kullanıcı tarafından kararlaştırılır.

Şekil 8’de Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritması kullanıldığında yer tahmin işleminin yapılması sırasında hangi noktaların hesaba katılacağı gösterilmiştir. Bu

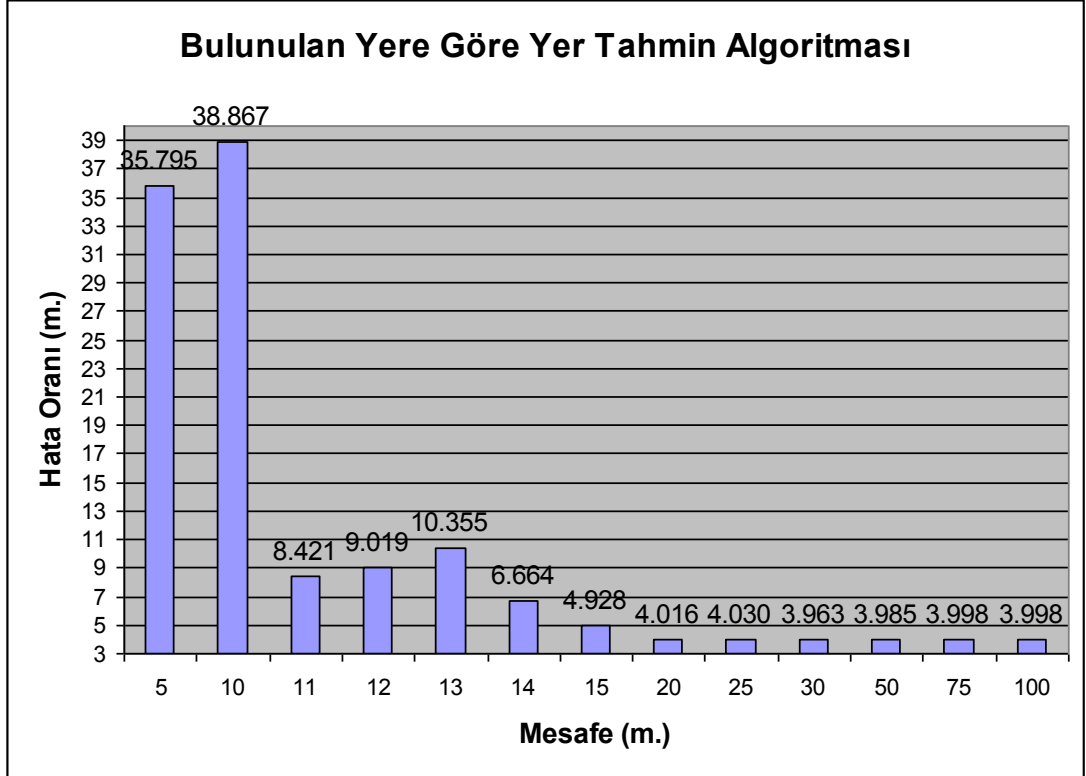
şekilde, ortada bulunan nokta bir önceki tahmin sonucu bulunulan noktayı sembolize etmektedir. Bu siyah nokta merkez kabul edilerek çizilen önceden belirlenmiş mesafe değeri yarıçaplı dairenin içinde kalan kare ve artı işaretleri yer tahmin işleminde karar vermede kullanılacak olan noktalardır. Artı işareti, en küçük Öklit mesafe değerine sahip olan noktadır. Bu dairenin dışında kalan çarpı işaretleri, siyah noktaya olan uzaklıkları belirlenmiş mesafe değerinden büyük olduğu için yer tahmin işleminde hesaba katılmamışlardır.



Şekil 8 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yönteminde Kullanılan Noktalar

Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasının kullanımında hesaba katılacak noktaların belirlenmesinde gerekli olan mesafe değerinin doğru tespit edilmesi önemlidir. Mesafe değeri yer tahmini hesabında kullanılacak noktaları belirlediği için

ortalama hata oranına doğrudan etkisi vardır. Bu amaçla tez çalışmasında çeşitli mesafe değerleri için Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritması kullanılmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Grafik 18’de çeşitli mesafe değerlerine göre ortalama hata oranlarına yer verilmiştir.

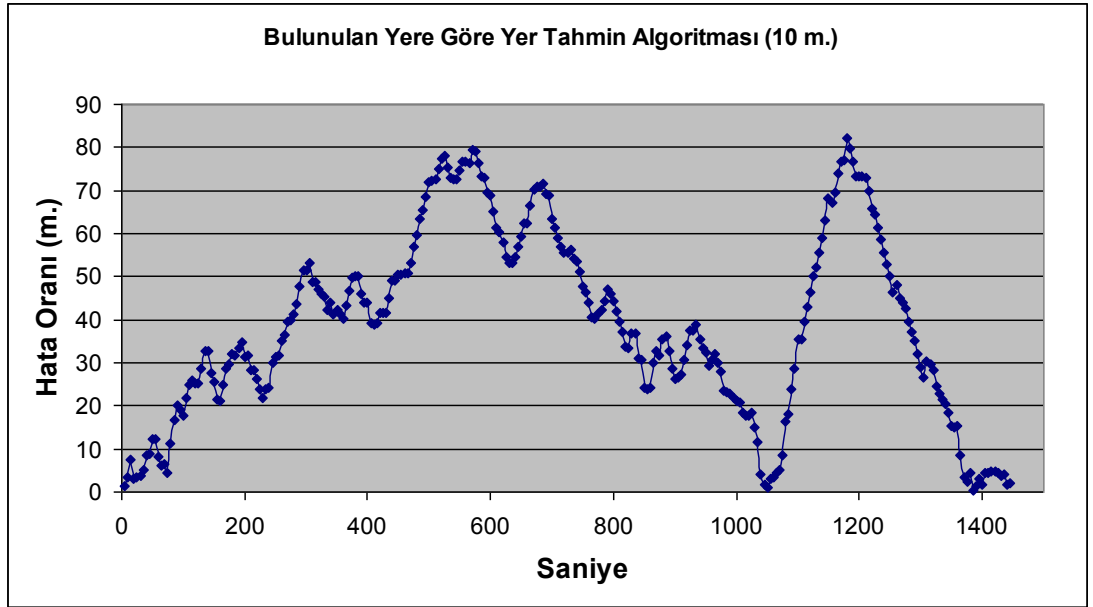


Grafik 18 Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yönteminde Mesafe Faktörünün Hata Oranına Etkisi

Grafikten de görülebileceği gibi mesafe değerinin yanlış seçilmesi hata oranlarının çok fazla artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada en düşük hata oranı 30 metrelik mesafe değerinde elde edilmiştir. Bu değer için elde edilen ortalama hata oranı (3.963 m.) Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Algoritmasının ortalama hata oranından (3.998) biraz düşüktür. Bu mesafe değerinden sonra hata oranı giderek artmakta ve 50 m.’den sonra bu algoritmadan elde edilen sonuçlar değişmeyip, Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Algoritmasının ortalama hata oranına eşit olmaktadır. Diğer bir deyişle, yüksek mesafe değerleri için Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin

Algoritması, Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin Algoritması ile aynı sonuçları vermektedir.

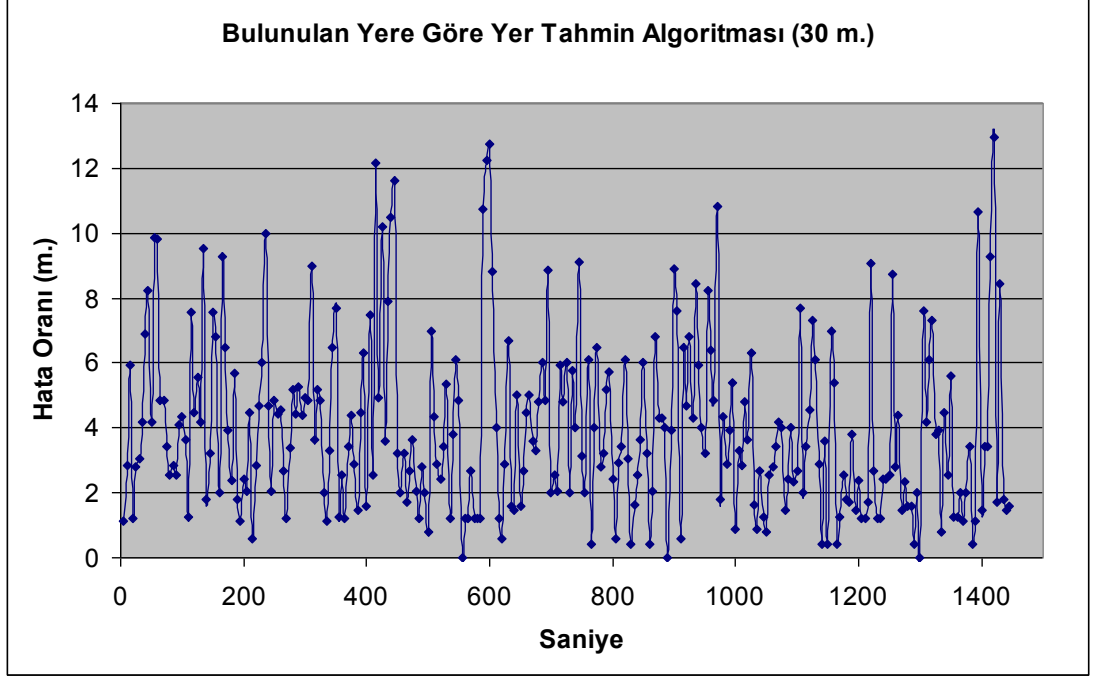
Grafik19 ve Grafik 20’de Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Algoritması kullanılarak elde edilen hata miktarlarının zamana göre değerleri bulunmaktadır. Bu grafiklerden Grafik19 mesafe değerinin çok düşük seçildiği durumda elde edilen hata oranlarına yer verirken, Grafik20 uygun bir seçimin yapılması sonucu elde edilen sonuçları göstermektedir.



Grafik 19 10m.'lik Mesafe Değeri için Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı

Grafik 19’da sonuçları gösterilen çalışmada başlangıç noktası sisteme bildirilmiştir. Bulunulan yere göre yer tahmin yönteminde yapılan tahmin bir önceki tahmine bağlı olduğu için, ilk yapılan tahminlerin hata oranları düşüktür. Fakat yapılan tahmin düşük mesafedeki (10 m.) noktalar kullanılarak yapıldığı için yapılan hatalı bir tahmin sistemin bir süre sonra, hareketli cihaz uzaklaştığı halde, sürekli başlangıç bölgesinde pozisyon tahmin işlemi yapmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, grafikten de görülebileceği gibi, başlangıç noktasından uzaklaştıkça hata oranları artmaktadır. 600. saniye de koridorun diğer ucuna ulaşıldığı için hata oranları 80

m.'ye kadar yükselmiştir. 1000. saniyeden sonra yeniden başlangıç noktasına yaklaşıldığı için hata oranları kabul edilir değerlere ulaşmıştır.



Grafik 20 30m.'lik Mesafe Değeri için Her Bir Güncellemede ki Hata Oranı

Avantajları:

- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasında tahminden önce bulunulan noktadan belli bir mesafe içindeki noktalar arasından seçim yapılacağından dolayı tüm noktalar için Öklit mesafesi değeri hesaplanmasına gerek yoktur.

Dezavantajları:

- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasında yer tahmin işlemi tahminden önceki noktaya bağlı olduğu için yer tahmin işleminin başında çalışılan alan üzerinde bulunulan yerin koordinatlarının, harita üzerinde belli edilmesi gerekir. Diğer bir deyişle, yer tahmin işlemine başlamadan önce bulunulan noktanın koordinatlarının doğru bir şekilde sisteme iletilmesi

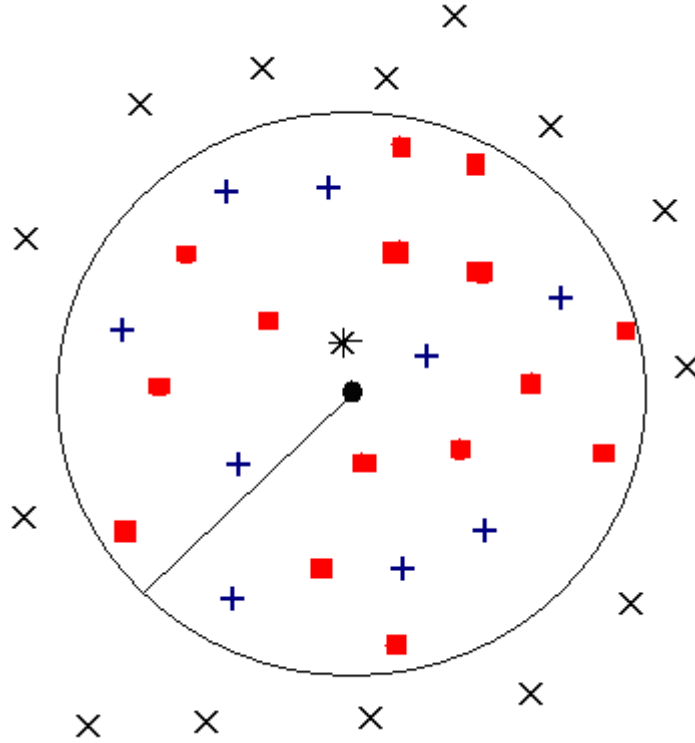
gerekir. Bu nedenle Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasının kullanıldığı durumlarda herhangi bir noktadan tahmin işlemine başlanamaz.

- Bu algoritma türünde yer tahmin işlemi bir önceki noktaya bağlı olduğu için, algoritmanın doğruluğu, tahminden önceki tahminde elde edilen noktanın doğruluğuna bağlıdır. Bu nedenle hareketli bir cihazın yerinin tahmininde yapılacak yanlış bir tahminin telafisi mümkün olmayabilir. Yapılabilecek yanlış bir tahmin ortalama hata oranının artmasına neden olur.
- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritması kullanılarak yapılan yer tahminin doğruluğu bir önceki tahminin doğruluğuna bağlı olduğu için bu algoritmanın tek başına kullanımı hata oranının çok yüksek çıkmasına ve dolayısıyla yanlış tahminlerin yapılmasına neden olur.

3.3.2.4 Sinyal Gücü Değerine Göre Yer Tahmin Yöntemi

Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin Algoritması da diğer algoritmalarda olduğu gibi temel olarak Öklit mesafe hesabına dayanmaktadır. Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin Algoritması, Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritması ile benzer şekilde çalışmaktadır. Bu algortmada da hareketli cihazın ulaşabildiği erişim noktalarından elde ettiği sinyal gücü değerleri ile veri tabanındaki her bir noktanın sinyal gücü değerleri arasındaki Öklit mesafeleri hesaplanır. Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasında olduğu gibi bu algortmada da yer tahmin işlemi, tahminden önce bulunulan noktadan önceden belirlenmiş bir mesafeden daha fazla uzakta olmayan noktalar kullanılarak yapılır. Bu algortmadan en iyi sonuçları elde edebilmek için bu mesafe değerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekir. Buna ek olarak Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin Algoritmasında dikkate alınması gereken bir nokta da yer tahmin işlemi için gereken nokta sayısıdır. Bu algortmada Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Algoritmasından farklı olarak yer tahmin işlemi sonucu elde edilecek nokta en küçük Öklit mesafesine sahip olan nokta değildir. Bu algortmada tahmin edilen nokta, belirlenmiş mesafe içinde en küçük Öklit mesafesine sahip önceden kararlaştırılmış nokta sayısı kadar noktaların koordinatlarının ortalamalarının alınması sonucu elde edilen noktadır.

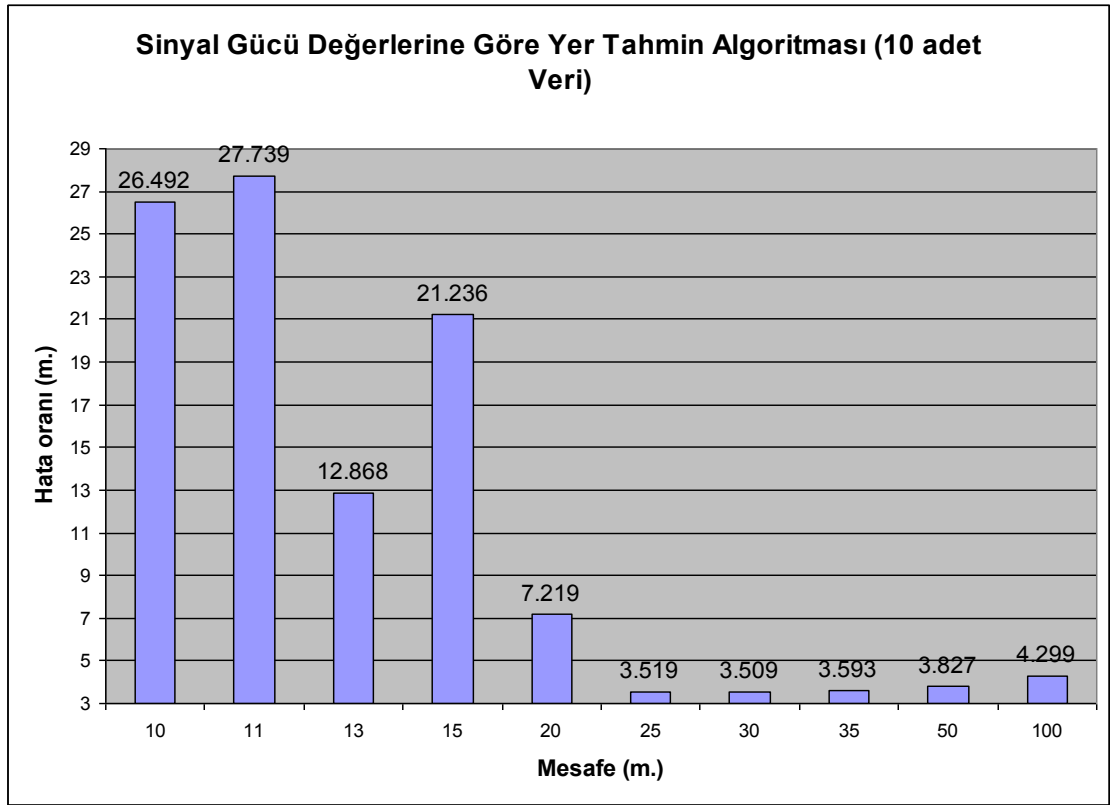
Şekil 9’da Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin Algoritmasında yer tahmin işlemi sırasında hesaba katılacak noktalar gösterilmektedir. Bu şekilde Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Algoritmasına benzer şekilde ortada bulunan siyah nokta bir önceki tahmin sonucu bulunulan noktayı sembolize etmektedir. Bu siyah nokta merkez kabul edilerek çizilen önceden belirlenmiş mesafe değerini yarıçap kabul eden dairenin içinde kalan kare ve artı işaretleri yer tahmin işleminde karar vermede kullanılacak olan noktalardır. Artı işaretleri, en küçük Öklit mesafe değerine sahip ve sayıları yine önceden belirlenmiş belli sayıda noktadır. Artı işaretlerinin koordinatlarının ortalaması olan yıldız işareti ise bir sonraki tahminin sonucudur. Bu dairenin dışında kalan çarpı işaretleri, siyah noktaya olan uzaklıkları belirlenmiş mesafe değerinden büyük olduğu için yer tahmin işleminde hesaba katılmamaktadır.



Şekil 9 Sinyale Göre Yer Tahmin Yönteminde Kullanılan Noktalar

Bu tez çalışmasında Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin Algoritması için en iyi sonuçları verecek mesafe değerine ve hesaba katılacak nokta sayısına karar verilmesi gerekir.

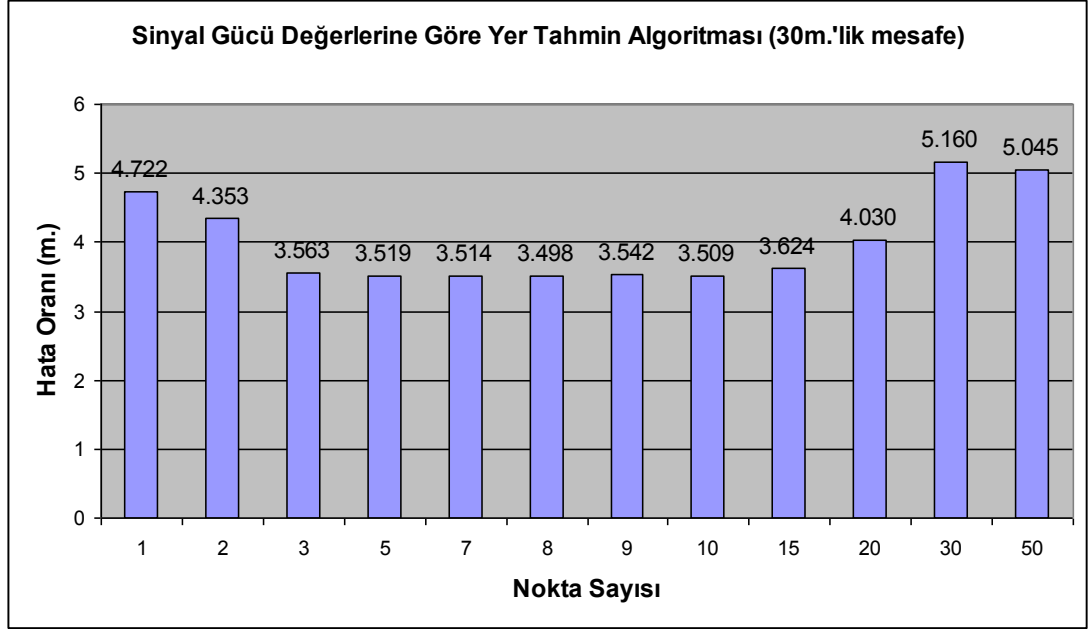
Bu amaçla yapılan çalışmada ilk önce sabit tutulan nokta sayısına göre değişen mesafe değerleri sonucu yer tahmin işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada yer tahmin işleminde kullanılacak nokta sayısı 10 olarak düşünülmüştür. Bu çalışmanın sonucu, Grafik21’de mesafe değerine göre ortalama hata oranı grafiğinde gösterilmiştir.



Grafik 21 Sinyale Göre Yer Tahmini Yönteminde Mesafenin Hata Oranına Etkisi

Sabit tutulan nokta sayısı ile mesafe değerine karar verilmesinin ardından, bu mesafe değeri kullanılarak en iyi sonucu verecek nokta sayısına karar verilmesi gerekmiştir. Bu amaçla benzer bir çalışma bu sefer mesafe değeri sabit tutularak değişen nokta sayısına göre ortalama hata oranının gözlenmesi ile yapılmıştır. Bu çalışmada sabit

tutulan mesafe değeri bir önceki çalışmada elde edilen mesafe değeridir (30 m.). Grafik 22’de değişen nokta sayısına göre ortalama hata oranlarına yer verilmiştir.



Grafik 22 Sinyale Göre Yer Tahmini Yönteminde Nokta Sayısının Hata Oranına Etkisi

Avantajları:

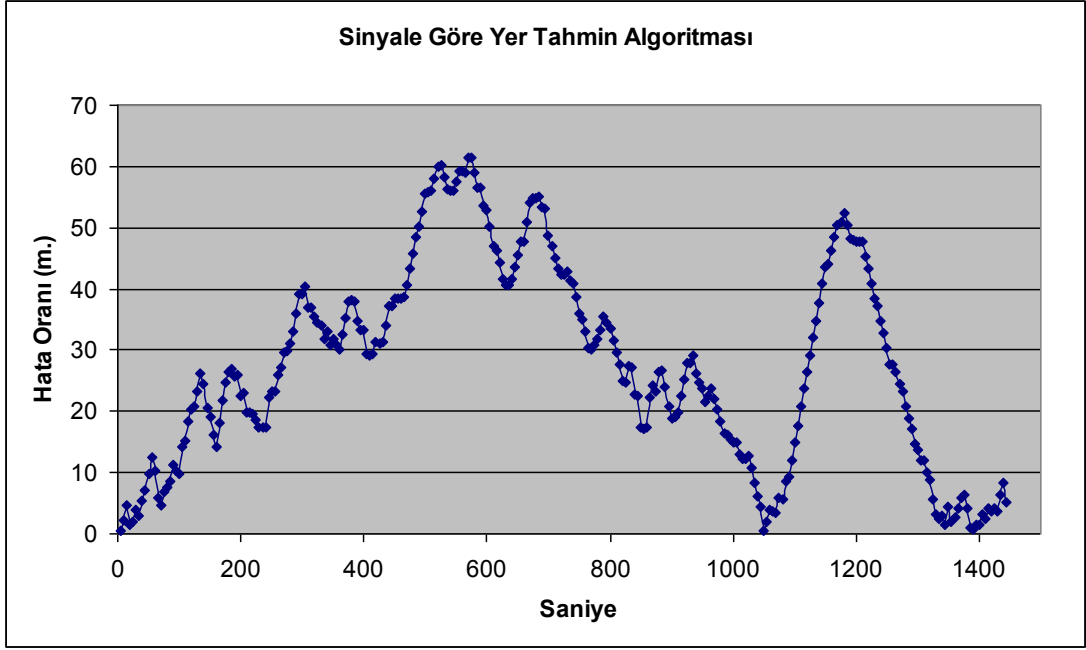
- Mesafe ve nokta sayısı değerlerinin doğru seçilmesi, algorithmadan elde edilecek ortalama hata oranlarının diğer algoritmaların ortalama hata oranlarına göre çok daha düşük çıkmasını sağlayabilir. Diğer bir deyişle, diğer algoritmalara göre daha iyi sonuçlar elde edilebilir.
- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasına benzer şekilde çalıştığından tüm noktalar için Öklit mesafesi değeri hesaplanmasına gerek yoktur.
- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasının aksine yer tahmin işlemi birden fazla noktanın koordinatlarının ortalamalarının alınmasıyla gerçekleştirildiği için ortalama hata oranı bu algoritmaya göre daha azdır.

Dezavantajları:

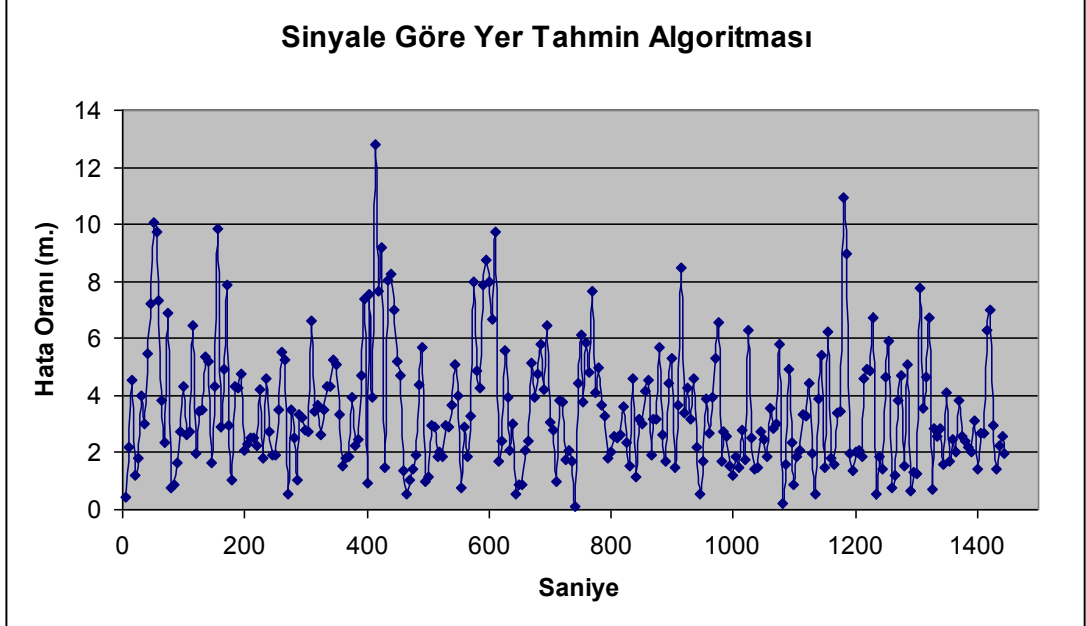
- Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin algoritmasında olduğu gibi bu algoritmada da yer tahmin işlemi tahminden önceki noktaya bağlıdır. Bu nedenle yer tahmin işleminin başında çalışılan alan üzerinde bulunulan yerin koordinatlarının, harita üzerinde belli edilmesi gerekir. Harita üzerinde, bulunulan yerden farklı bir yerden başlanması tahmin işlemlerinin yanlış yapılmasına neden olur.
- Benzer şekilde yer tahmin işleminin doğruluğu bir önceki tahminin doğruluğuna bağlıdır. Bir önceki tahmin ne kadar doğru yapılırsa, sonraki tahminin doğruluk olasılığı o kadar artar.
- Mesafe ve nokta sayısı değerlerinin yanlış seçilmesi halinde algoritmanın kullanımından elde edilecek ortalama hata oranları çok yüksek olabilir.

Grafik 23 ve Grafik 24’de Sinyale Göre Yer Tahmin Algoritması kullanılarak elde edilen hata miktarlarının zamana göre değerleri bulunmaktadır. Bu grafiklerden Grafik 23 mesafe ve nokta sayısı değerlerinin hatalı seçildiği durumda elde edilen hata oranlarına yer verirken, Grafik24 uygun bir seçimin yapılması sonucu elde edilen sonuçları göstermektedir.

Grafik 23, Bulunulan Yere Göre Yer Tahmin Yönteminde açıklanan sorunun (Grafik 19), Sinyale Göre Yer Tahmin Yönteminde de meydana gelebileceğini göstermektedir.



Grafik 23 Her Bir Güncelleme Sonucu Elde Edilen Hata Oranları

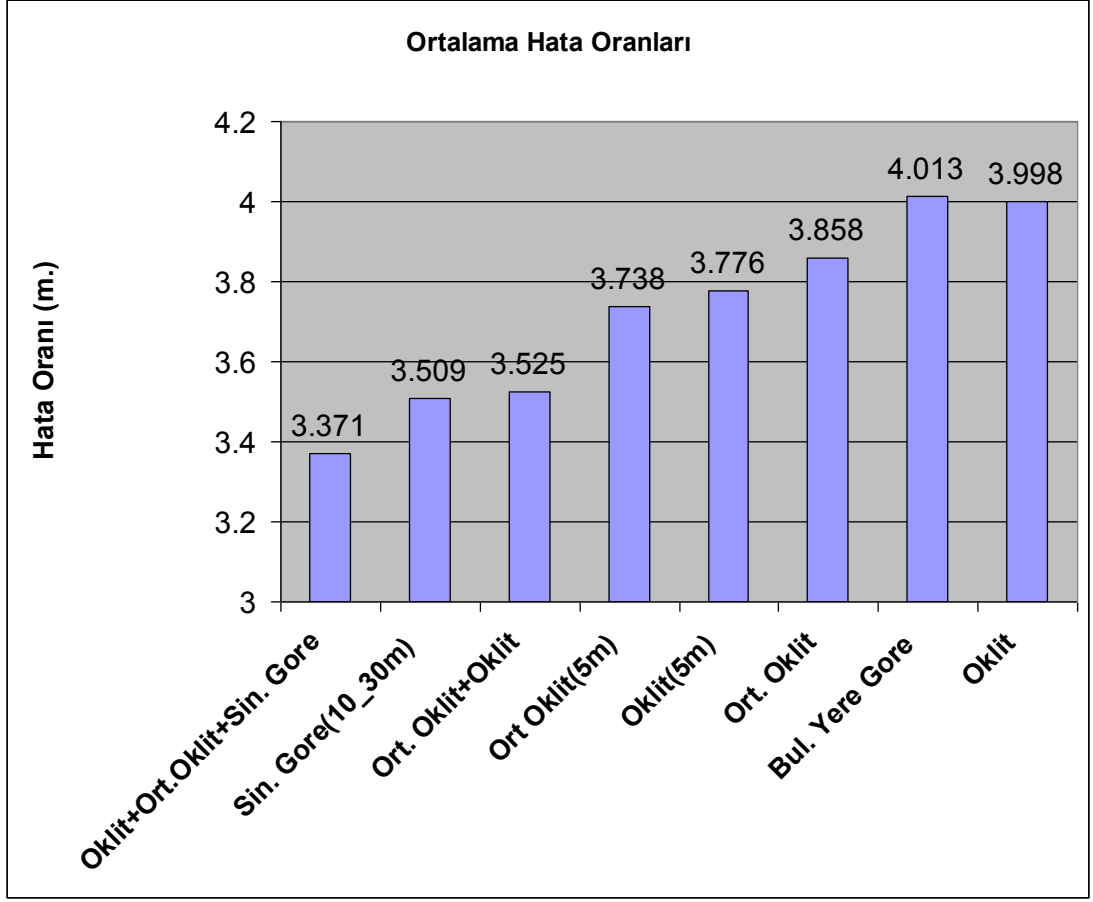


Grafik 24 Her Bir Güncelleme Sonucu Elde Edilen Hata Oranları

3.4 YÖNTEMLERİN DENENMESİ

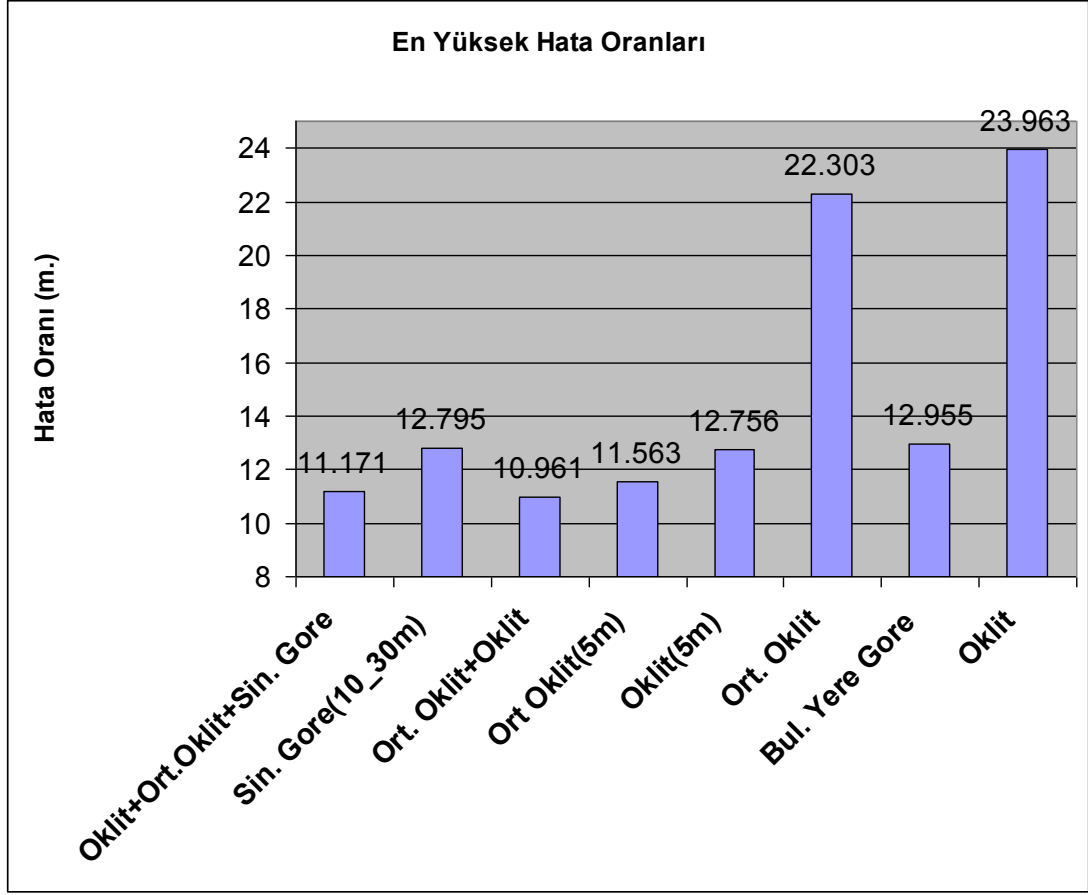
Yukarıda anlatılan dört algoritma yer tahmin işlemlerinde tek tek kullanılabilirler gibi, birlikte de kullanılabilirler. Birlikte kullanıldıkları zaman her bir algoritmadan elde edilen tahmini noktaların koordinatlarının ortalamaları alınarak yer tahmin işlemi sonuçlandırılır. Bu algoritmaların birlikte kullanılması ortalama hata oranlarının azalmasını sağlar.

Grafik 25’de farklı denemeler için ortalama hata oranı değerleri gösterilmektedir. Grafikten de görülebileceği gibi ortalama hata oranları algoritmaların birlikte kullanılması sonucu azaltılmıştır. Yapılan bu test çalışmasında en iyi sonuç, Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin, Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin ve Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini Algoritmalarının birlikte kullanılması ile elde edilmiştir.



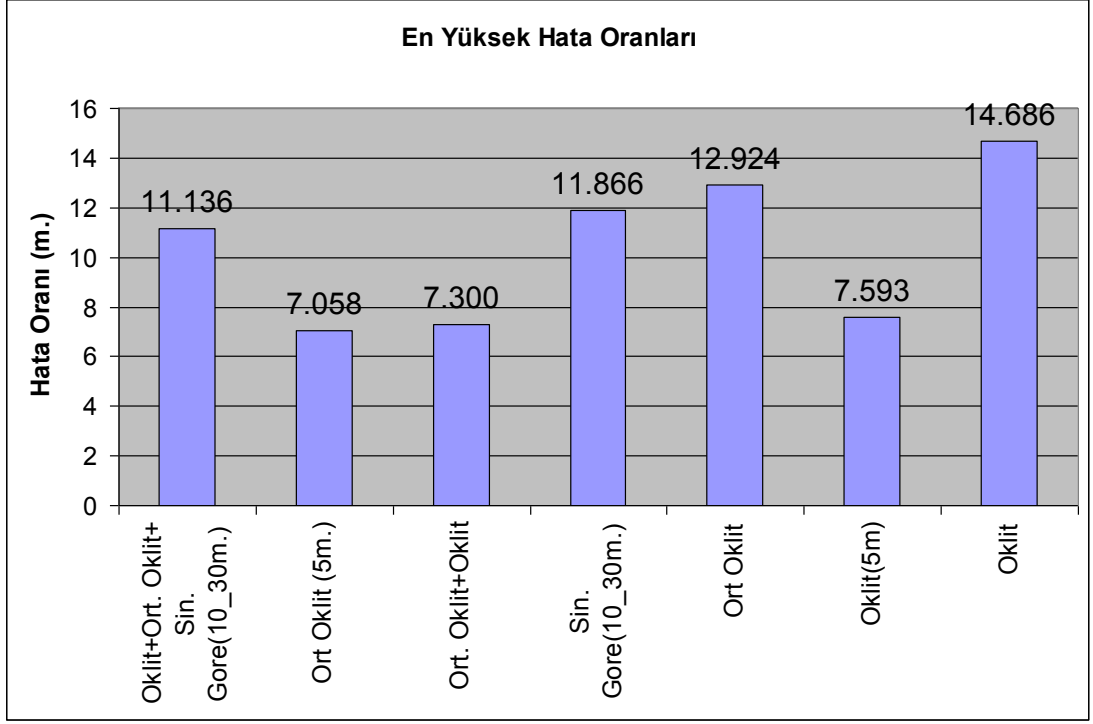
Grafik 25 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen Ortalama Hata Oranları

Grafik 26’da farklı denemeler için yapılan çalışmalar sonucu elde edilen en yüksek hata oranlarınının değerleri gösterilmektedir.

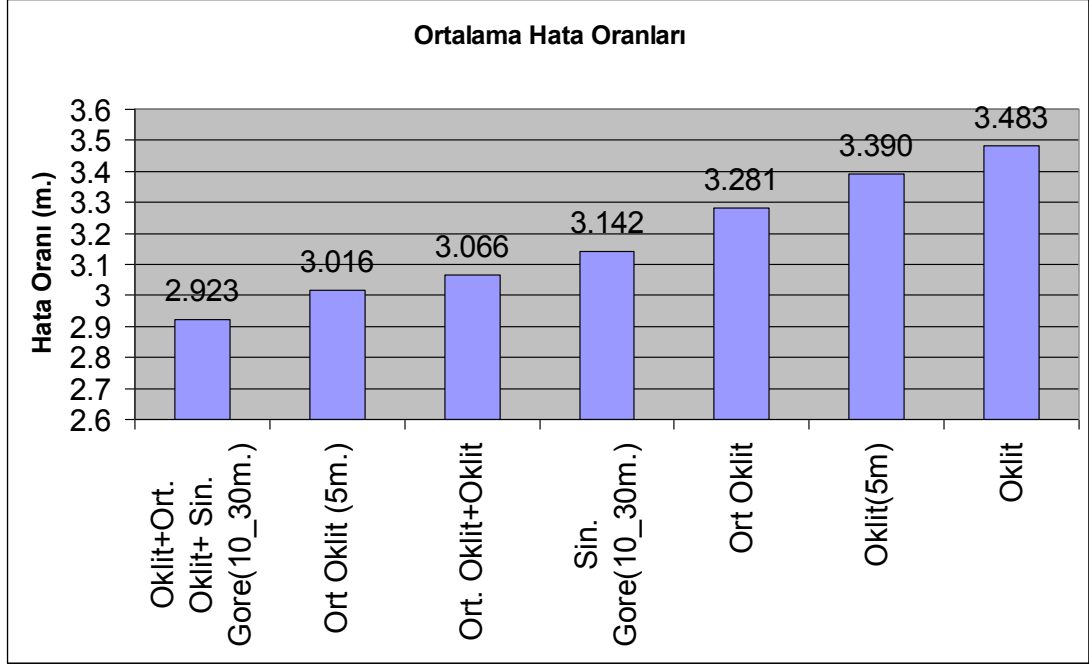


Grafik 26 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen En Yüksek Hata Oranları

Benzer bir çalışma, bu sefer, sınıfların içine girmeyip sadece koridorda dolanarak yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, erişim noktalarından alınan sinyaller kapı, duvar gibi çevre koşullarından daha az etkilendiği için daha düşük ortalama hata oranları elde edilmiştir. En iyi sonuca, yine, Sinyal Gücü Değerlerine Göre Yer Tahmin, Ortalama Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmin ve Öklit Mesafesine Göre Yer Tahmini Algoritmalarının birlikte kullanılması ile ulaşılmıştır. Grafik 27 ve Grafik 28’de sınıflara girilmeden sadece koridorda dolanarak yapılan test çalışmasının sonuçlarına yer verilmiştir. Grafik 27 ortalama hata sonuçlarını gösterirken, Grafik 28 kullanılan yöntemler sonucu elde edilen en yüksek hata oranlarına yer vermiştir.



Grafik 27 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen Ortalama Hata Oranları



Grafik 28 Yöntemlerin Birlikte veya Tek Başlarına Kullanılmaları Sonucu Elde Edilen En Yüksek Hata Oranları

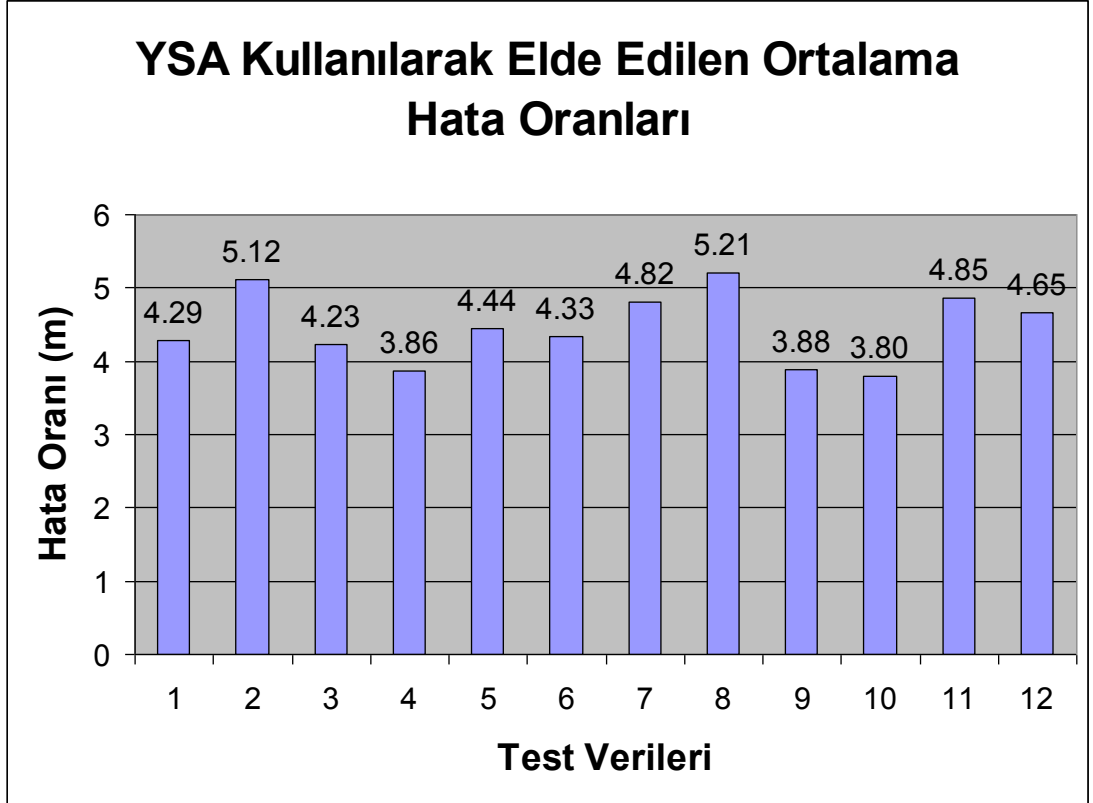
3.5 YAPAY SİNİR AĞLARI İLE POZİSYON TAHMİN İŞLEMİ

Bu algoritmaların yanı sıra yapay sinir ağları kullanarak modeller geliştirilmiş ve yapay sinir ağları yönteminin kullanımının sistem üzerinde etkileri de gözlenmiştir. Her ne kadar yapay sinir ağları sistem üzerinde karar verici yapılar olarak kullanılsalar da, yapılan test çalışmalarından elde edilen sonuçların tahmin işlemine katkıları araştırılmıştır.

Yapılan tez çalışmasında yer tahmin işlemlerinde kullanılmak üzere geliştirilen dört farklı yöntemin dışında yapay sinir ağlarının yer tahmin işlemlerine olan etkileri gözlenmiştir. Bu amaçla veritabanında yar alan bütün veriler kullanılarak 12 farklı test verisi oluşturulmuş ve bu verilerin ortalama hata oranları hesaplanmıştır. Test

çalışmasında oluşturulan yapay sinir ağı çok katmalı perceptron yapısıdır. Bu yapıda tek gizli katman bulunmaktadır.

Grafik29’da 12 ayrı test verisinin ortalama hata oranlarının değerleri yer almaktadır.



Grafik 29 Farklı test verileri için elde edilen hata oranları

Grafik 29’da da görülebileceği gibi elde edilen hata oranları 10. test verisinde 3.80 m.’ye kadar düşmüştür. Bu sonuç algoritmaların kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara yakındır. Bunun aksine 8. test verisinde ise 5.21 m. ile en yüksek ortalama hata oranı gözlenmiştir. 12 farklı test verisinin YSA kullanılarak oluşturulan modellerle test edilmesi sonucu elde edilen ortalama hata oranlarının ortalamaları alındığı elde edilen hata oranı 4.46 m.’dir.

BÖLÜM 4

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1 YAPILAN ÇALIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada TOBB ETU yerleşkesinin Mühendislik Fakültesinin yer aldığı 1. katın belirli bir alanında bina içi konumlandırma sistemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kablosuz bağlantı özeliği bulunan hareket halindeki bir dizüstü bilgisayarın anlık pozisyonu tespit edilmeye çalışılmıştır. Pozisyon tespit işlemi erişim noktalarından elde edilen sinyal güçlerine göre yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında 8 adet sınıfın bulunduğu bir koridorda çalışılmıştır. Bu alanın iki boyutlu ve üç boyutlu haritaları hazırlanmıştır. Haritanın hazırlanmasında OpenGL teknolojisi kullanılmıştır. Tez çalışması Java ortamında hazırlandığı için OpenGL kütüphanesini Java ortamına taşıyan gl4Java kütüphanesi kullanılmıştır.

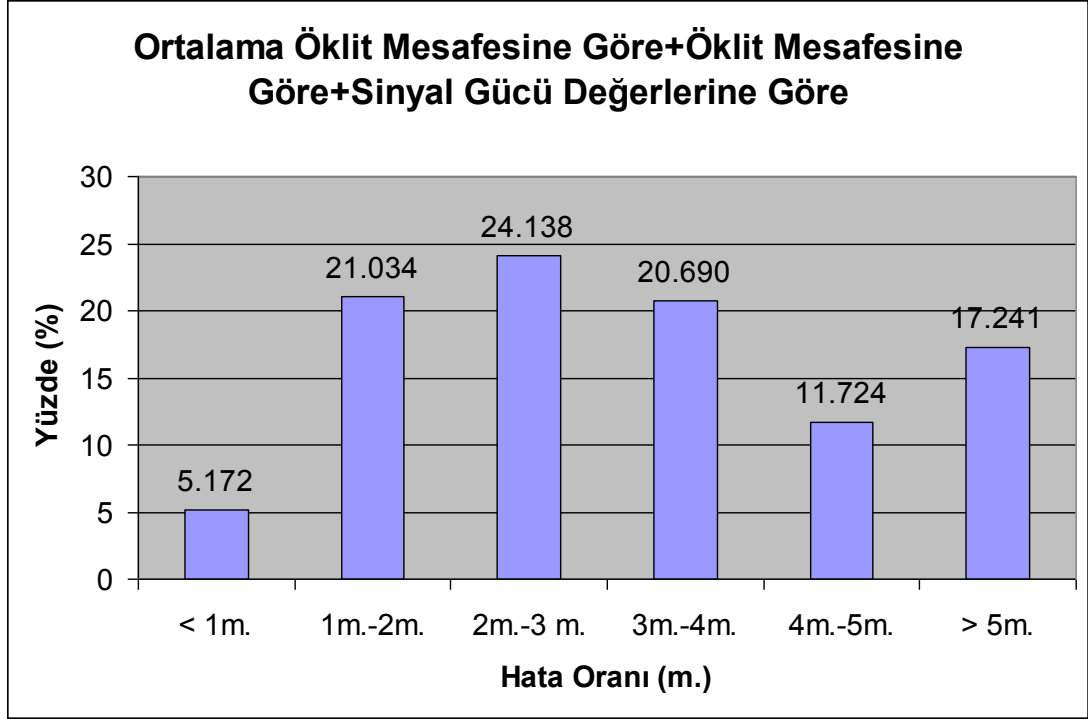
Erişim noktalarından gelen sinyallerin güç değerlerine ulaşabilmek için WRAPI (JWRAPI) teknolojisi kullanılmıştır. WRAPI kütüphanesi yer tespitinin yapıldığı alan içinde ulaşılabilen erişim noktalarından gelen sinyal güçlerini elde ederek veri tabanının oluşturulması ve yine bu sinyal güçlerinin kullanılarak anlık yer tespiti işlemlerinin yapılmasını sağlar.

Çalışmada hazırlanan konumlandırma sistemi yer parmak izi tekniği yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntemde alan içindeki belli yerlerden ulaşılabilen tüm erişim noktalarından alınan sinyal gücü değerleri bir tabloya atanır. Yer tespiti işlemi sırasında ise erişim noktalarından gelen sinyal gücü değerleri tablodaki değerlerle karşılaştırılır. Tablodaki değerler arasında elde edilen sinyal gücü değerlerine en yakın değer koordinatları kullanıcının muhtemel yeri olarak düşünülür.

Bu tez çalışmasında yer tahmin işlemlerinde için kullanılan algoritmalar Öklit mesafesine dayanmaktadır. Tez çalışmasında yer tahmin işlemi farklı yöntemler ile yapılmıştır. Bu yöntemler “Öklit Mesafesine Göre”, “Ortalama Öklit Mesafesine Göre”, “Bulunulan Yere Göre” ve Sinyal Gücü Değerlerine Göre “ yer tahmin yöntemleri olarak adlandırılmıştır. Bu algoritmalar ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak yer tahmin işlemleri yapılmıştır.

3.bölümde bu algoritmaların test edilmesiyle elde edilen en düşük ortalama hata oranının “Ortalama Öklit Mesafesine Göre”, “Öklit Mesafesine Göre” ve “Sinyal Gücü Değerlerine Göre” algoritmalarının birlikte kullanılmasıyla elde edildiği sonuçlandırılmıştır. Ortalama hata oranı ile birlikte elde edilen hata oranlarının ne kadarının kabul edilebilir bir oranın altında bulunduğu gözleminin de yapılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmada 1 m. altında, 5 m.’nin üzerinde ve bu iki değer arasında kalan hata oranlarının yüzdesel oranları hesaplanmıştır.

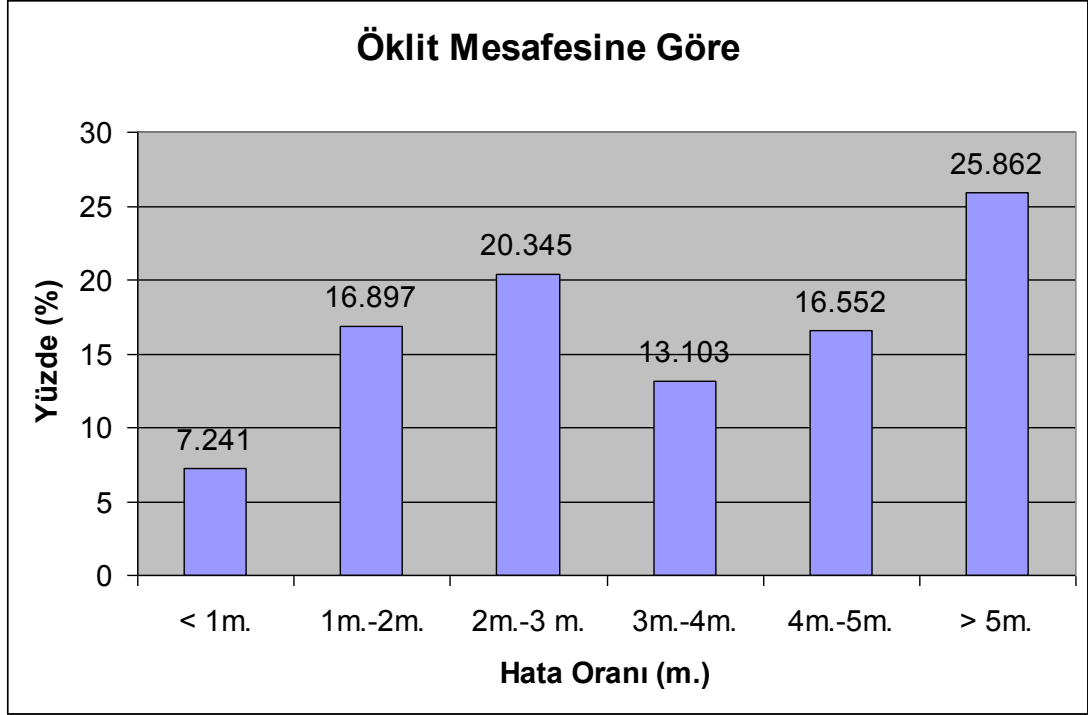
Grafik 30’da bu üç algoritmanın birlikte kullanılması sonucu elde edilen hata oranlarının yüzdesel oranları gösterilmektedir.



Grafik 30 Hata Oranlarının Yüzdesele Dağılımı

Grafikten de anlaşılacağı gibi %17.241 'lik bir oran 5 m.'den fazla hata oranına sahiptir. %82.759'luk bir kısım ise kabul edilebilir bir oran olan 5 m.'nin altında yer almaktadır.

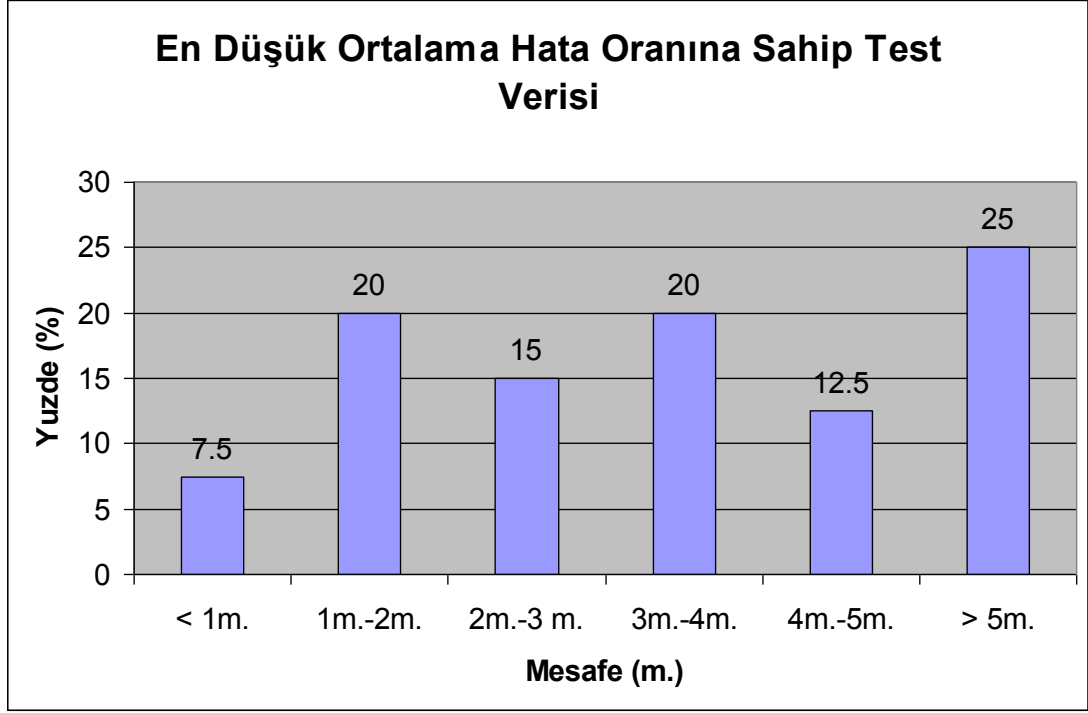
Benzer şekilde Bölüm 3'de elde edilen sonuçlar arasında yer alan ve ortalama 3.998 m.'lik bir hata oranına sahip olan "Öklit Mesafesine Göre" algoritmasının kullanılmasıyla elde edilen hata oranlarının yüzdesele değerleri Grafik 31'de gösterilmektedir.



Grafik 31 Hata Oranlarının Yüzdesele Dağılımı

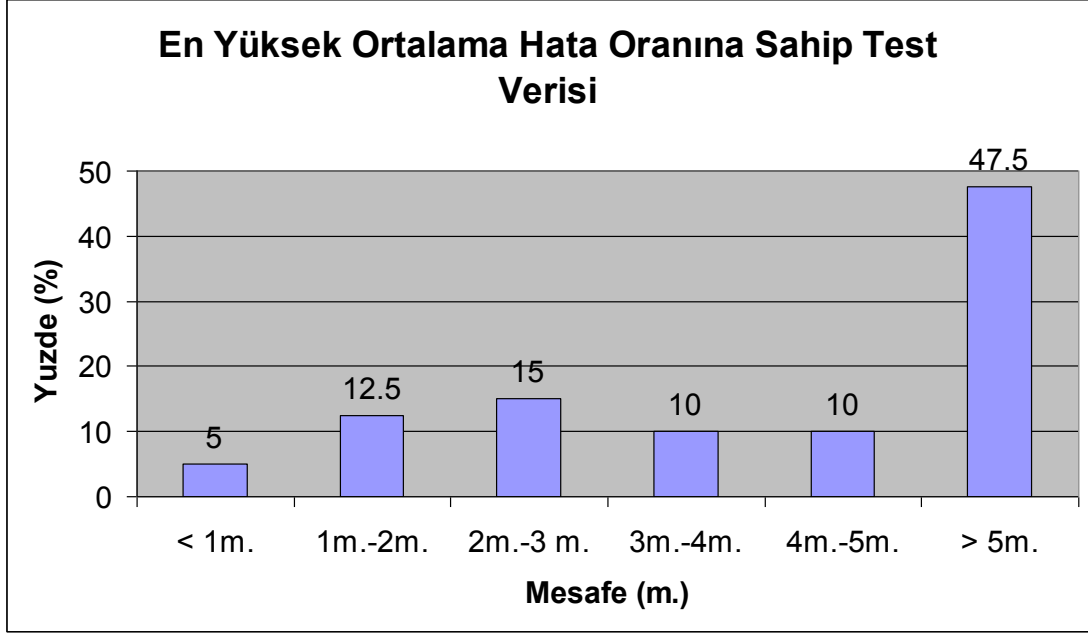
“Öklit Mesafesine Göre” algoritmasının tek başına kullanılmasıyla elde edilen ve 5 m.’nin üzerindeki değerlerde artış olduğu gözlenmiştir. Buna göre, “Öklit Mesafesine Göre” algoritmasının tek başına kullanılmasıyla 5m.’nin üzerindeki hata değerlerinin oranı %25.862’ e kadar yükselmiştir. Buna bağlı olarak kabul edilebilir değer olan 5m.’nin altındaki değerlerin sayısında da azalış görülmüştür.

Aşağıda yapay Sinir ağları kullanılarak 12 farklı test verisi için elde edilen sonuçlar arasında en iyi ve en kötü sonuçların grafiksel gösterimleri yer almaktadır. Grafik32 test verileri arasından en iyi ortalama hata oranı sonucunun elde edildiği test verisi için elde edilen hata oranlarının yüzdesele dağılımını içermektedir. Grafik 33’de ise en kötü ortalama hata oranının elde edildiği test verisi için elde edilen hata oranlarının yüzdesele dağılımını gösterilmektedir.



Grafik 32 Hata Oranlarının Yüzdesele Dağılımı

Bu sonuçlara göre yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan modellerde, algoritmaların kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilebilmiştir. Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi 5m.'nin üzerinde %25 oranında hata oranı bulunmaktadır. %75'lik bir oran 5m.'nin altında yer almaktadır.



Grafik 33 Hata Oranlarının Yüzdesel Dağılımı

Yapay Sinir Ağları kullanılarak oluşturulan modelde elde edilen en kötü sonucun %47.5', 5m.'nin üzerindeyken, geriye kalan %22.5'lik kısım 5m.'nin altında yer almaktadır.

Bu çalışmada var olan bir kablosuz iletişim yapısı kullanılarak anlık pozisyon tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan sistem pozisyon tespit işlemleri için ek bir donanıma ihtiyaç duymamaktadır. Çalışılan ortamda bulunan ulaşım noktalarından elde edilen sinyal gücü değerleri ile pozisyon tespit işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle sistemin kullanımı için ek bir masrafa ihtiyaç duyulmamaktadır. Ek donanıma ihtiyaç duyulmadan elde edilen hata oranları kabul edilebilir orandadır. Özellikle sınıflara girilmeden, sadece koridor boyunca, yapılan test çalışmalarından elde edilen hata oranları 3m.'nin altına düşürülmüştür. Sınıfların da dâhil edildiği test çalışmalarından elde edilen hata oranlarında artış olduğu gözlenmiştir. Fakat bu artış miktarı, sistemin performansını çok fazla etkileyecek düzeyde değildir.

Sistemin pozisyon tespit işlemlerinde kullandığı yer parmak izi tekniği yönteminin getirdiği avantajlar yanında dezavantajları da gözlenmiştir. Yer parmak izi tekniği yöntemi, bina içi sistemlerde sinyallerin düzensiz yayılmasından kaynaklanan

sorunların giderilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bunun yanında bu yöntemin kullanımı, ilk olarak, çalışılan alanda belli noktalardan sinyal bilgilerinin alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle çalışılan alanda meydana gelebilecek bir değişikliğin sistemin performansına doğrudan bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Sistemin eski performansını yeniden elde edebilmesi için yapılması gereken sinyal verilerinin güncellenmesi işlemi ise zaman kaybına neden olabilmektedir.

4.2 İLERİDE YAPILACAK ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasında yer tahmin işlemi farklı algoritmalar ile yapılmıştır. Bu algoritmalar “Öklit Mesafesine Göre”, “Ortalama Öklit Mesafesine Göre”, “Bulunulan Yere Göre” ve Sinyal Gücü Değerlerine Göre “ yer tahmin algoritmaları olarak adlandırılmıştır. Bu algoritmalar ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak yer tahmin işlemleri yapılmıştır. Buna ek olarak bu algoritmaların dışında pozisyon tespit işlemleri, yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan modeller kullanılarak gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemler sonucu, yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan modellerin bu sistemin güvenilirliğinin artışında katkı sağlayacakları düşünülmektedir. Bu nedenle yapay sinir ağlarının karar verme yapıları olarak kullanılmalarının sağlanması yapılacak çalışmalar arasında yer alabilir.

Benzer şekilde çalışmada hazırlanan konumlandırma sistemi yer parmak izi tekniği yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntemin kullanımı, bulunulan alanın sinyal gücü bilgilerinin elde edilip veritabanı oluşturulması esasına dayanmaktadır. Bu nedenle üzerinde çalışılan ortamda yapılan bir değişiklik veritabanının yeniden oluşturulmasını gerektirmektedir. Çalışma esnasında karşılaşılan bir sorun olan çalışma alanında bulunan bütün erişim noktalarının değiştirilmesi, veritabanının yeniden hazırlanmasını gerektirmiştir. Bu hem zaman kaybına hem de sistemin doğruluk oranının da azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle veritabanından bağımsız veya ortamdaki değişikliklerden fazla etkilenmeyecek bir sistemin geliştirilmesi ileride yapılabilecek bir çalışma olabilir.

Tez çalışması sonucunda oluşturulan sistemin en önemli eksikliği pozisyon tahmin işlemleri için gerekli sinyal gücü bilgisini sağlayan JWRAPI kütüphanesinin Windows XP Service Pack 1 işletim sisteminde çalışmasıdır. Bu nedenle ilerideki çalışmalarda diğer sistemlerde de uygulanabilen bir teknolojinin kullanılabilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Thomas King, Thomas Butter, Hendrik Lemelson Thomas Haenselmann Wolfgang Effelsberg, “Loc{lib,trace,eva,ana}: Research Tools for 802.11-based Positioning Systems”, WiNTECH, 2007
- [2] Sachin Ganu, A. S. Krishnakumar, P. Krishnan, “Infrastructure-based Position estimation in WLAN Networks”, 2004
- [3] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcão, Jonathan Gibbons, “The Active Badge Position System”, Olivetti Research Ltd. (ORL) Cambridge, England, 1992
- [4] Mahmoud Tavakoli Shiraji, Shunsuke Yamamoto, “Human Tracking Devices: the Active Badge/Bat an Digital Angel / Verichip systems”
- [5] A.K.M. Mahtab Hossain, Hien Nguyen Van, Yunye Jin, Wee-Seng Soh, “Indoor ocalization using Multiple Wireless Technologies”, 2007
- [6] Dieter Fox, Jeffrey Hightower, Henry Kauz, Lin Liao, and Donald J. Patterson, “Bayesian Techniques for Position Estimation”, 2003
- [7] Youngjune Gwon, Ravi Jain, and Toshiro Kawahara, “Robust Indoor Yer Estimation of Stationary and Mobile Users”, IEEE INFOCOM 2004
- [8] Fredrik Gustafsson, Fredrik Gunnarsson, Niclas Bergman, Urban Forssell, Jonas Jansson, Rickard Karlsson, Per-Johan Nordlund, “Particle Filters for Positioning, Navigation and Tracking”, IEEE Transactions on Signal Processing
- [9] Binghao Li, James Salter, Andrew G. Dempster, Chris Rizos, “Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN”, 2006
- [10] Metin Barut, Özgün Bayrak, Çağrı Temizyürek, Onur Türkyılmaz Hücresel Ağlarda Konum Belirleme İçin RSS Tabanlı Çözümler
- [11] Krzysztof W. Kolodziej, Johan Hjelm, “Local Positioning Systems LBS Applications and Services”, *CRC Press*, 2006
- [12] William Stallings *Wireless Network and Communication Prentice Hall*, Upper Saddle River, New Jersey, 2005
- [13] Özgün Bayrak, Çağrı Temizyürek, Metin Barut, Onur Türkyılmaz, Gürkan Gür Ortam Tahminine Dayalı Yeni Bir Mobil Konumlama Algoritması

- [14] Ayşegül Alaybeyoğlu, Aylin Kantarcı, Kayhan Erciyes Telsiz Duyurga Ağlarında Hedef İzleme Senaryoları
- [15] MIT CRICKET, “<http://cricket.csail.mit.edu/>”, erişim tarihi: 13 Mayıs 2008
- [16] EKAHAU, “http://kablosuzkontrol.com/ekahau_gzybs.htm”, erişim tarihi: 19 Temmuz 2008
- [17]Yer Takip Yaklaşımları “<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich2.html>”, erişim tarihi: 12 Eylül 2009
- [18]Hücrel Haberleşmeye Dayalı Pozisyon Belirleme http://www.telematique.eu/enabling_technologies/cellular_positioning.en.html” erişim tarihi: 12 Eylül 2009
- [19]Konumlandırma Hizmetleri “http://www.gisdevelopment.net/magazine/middleeast/2006/july-aug/22_2.htm” erişim tarihi: 17 Eylül 2009
- [20]Paramvir Bahl, Venteka N. Padmanabhan, “A Software System for Locating Mobile Users: Design Evaluation, and Lessons”, MSR-TR-2000-12, Feb 2000
- [21] Paramvir Bahl, Venteka N. Padmanabhan, “RADAR: An In-Building RF-based User Position and Tracking System”, INFOCOM, 2000
- [22] “JAVAWRAPI, ”<http://www.cdt.luth.se/~johank/javawrapi/>”, erişim tarihi: 7 Mart 2008
- [23] Yu-Chung Cheng, YatinChawathe, Anthony LaMarca, John Krumm, “Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization”, International Conference On Mobile Systems, Applications And Services, pp.233-245, 2005
- [24] PLACEAB, “<http://www.placelab.org/>”, erişim tarihi: 13 Mayıs 2008
- [25] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Tim Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, Bill Schilit, “Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild”, 2005
- [26] Jerrey Hightower, “Gaetano Borriello Position Sensing Techniques”, IEEE Computer magazine pp. 57-66, 2001
- [27] Josef Hallberg, Marcus Nilsson, Kare Synnes, “Positioning with Bluetooth”, IEEE, 2003
- [28]Roberto Battiti, Thang Le Nhat, Alessandro Villani, “Position-Aware Computing: A Neural Network Model For Determining Posittion inWireless Lans”, 2002

- [29] Anthony Taok, Nahi Kandil, Sofiene Affes, “Neural Networks for Location Fingerprinting-Based Indoor Localization Using Ultra-Wideband”, *Journal of Communications*, vol. 4, no. 4, MAY 2009
- [30] Tsung-Nan Lin, Po-Chiang Lin, “Performance Comparison of Indoor Positioning Techniques based on Location Fingerprinting in Wireless Networks”, *International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing*, 2005
- [31] Roberto Battiti, Alessandro Villani, and Thang Le Nhat, “Neural network models for intelligent networks: deriving the yer from signal patterns”
- [32] Rafal Szumny, Jozef Modelski, “Neural Networks in Indoor Positioning System Based on Power Delay Profile”, *EUROCON*, 2005
- [33] Miloš N. Borenović, Aleksandar M. Nešković, “Positioning in WLAN environment by use of artificial neural networks and space partitioning”, 2009
- [34] Javed Muhammad, Amir Hussain, Alexander Neskovic, and Evan Magil, “New Neural Network Based Mobile Position Estimation in a Metropolitan Area”, *ICANN 2005*, LNCS 3697, pp. 935 – 941, 2005
- [35] Zoran Salcic, Edwin Chan, “Mobile Station Positioning Using GSM Cellular Phone and Artificial Neural Networks”, *Wireless Personal Communications* 14: 235–254, 2000
- [36] Michael Negnevitsky *Artificial Intelligence A Guide to Intelligent Systems*, Addison Wesley 2004
- [37] Cesare Alippi, Alan Mottarella, Giovanni Vanini, “A RF map-based localization algorithm for indoor environments”, *IEEE*, 2005
- [38] Jaegeol Yim, “Introducing a decision tree-based indoor positioning technique”, *Expert Systems with Applications* 34 1296–1302, 2008
- [39] Shomit S. Manapure, Houshang Darabi, Vishal Patel, Prashant Banerjee, “A Comparative Study of Radio Frequency-Based Indoor Position Sensing Systems”, *IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control*, 2004
- [40] Siddhartha Saha, Kamalika Chaudhuri, Dheeraj Sanghi, Pravin Bhagwat, “Position Determination of a Mobile Device Using IEEE 802.11b Access Point Signals”, *IEEE*, 2003

[41] SİNYAL GELİŞ AÇISI, “<http://www.trueposition.com/web/guest/aoa>”, erişim tarihi: 10 Nisan 2009

[42] Blake M. Haris, “Amulet: Approximate Mobile User Location Tracking Sytem”, 9th WSEAS International Conference on Communications, 2005

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÖK, İstemihan Şakir
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 24.04.1983 Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 292 42 68
Faks : 0 (312) 292 40 91
e-mail : skok@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi/Maden	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2009	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar