

802.11 STANDARTLARINI KULLANARAK POZİSYON TESPİTİ

YILDIRIM UMUT DOĞANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞUSTOS 2008

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

Yıldırım Umut DOĞANCI tarafından hazırlanan 802.11 STANDARTLARINI KULLANARAK POZİSYON TESPİTİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Bülent Tavlı

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZBAYOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nilay Sezer UZOL

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.

Yıldırım Umut DOĞANCI

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü : Fen Bilimleri
Anabilim Dalı : Bilgisayar Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Ağustos 2008

Yıldırım Umut DOĞANCI

IEEE 802.11 STANDARTLARINI KULLANARAK YER TESPİTİ

ÖZET

Kablosuz ağlar, özellikle IEEE 802.11 a, b ve g standartları, son zamanlarda çok popüler hale gelmiştir. Kablosuz ağlar büyük miktarda düğümün (kullanıcının) bir alana yerleştirilmesi gerektiği ve/veya hassas durumlarda çok büyük önem taşımaktadır. Var olan kablosuz ağ altyapıları kullanılarak uygulanan ve kapalı alanlar için olan konumlandırma sistemleri sunulmuştur. Bugüne kadar, RSSI' ın birçok özelliği ayrıntılı şekilde incelenmemiştir. Birçok araştırmacı, RSSI' ın karakteristik özellikleri göz ardı ederek RSSI' ı nesnelerin yerlerini belirlemek için sinyal bilgisi olarak kullanmışlardır. Bu çalışmada, RSSI kullanarak, bir iç mekânda bulunması gereken mobil bir cihazın yerinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Bu problem, bir iç mekândaki RF sinyallerinin gürültüden, parazitten, çok-yolluluk ve rasgele hareketten etkilenmelerinden dolayı çok karmaşık bir problemdir. Bu tez çalışmasında, bu tür konumlandırma sistemleri için bir metot geliştirilmeye çalışılmıştır. Rasgeleliliğe rağmen, sinyal bilgisinin küçük bir hata sınırı ile mobil bir cihazı tespit edebildiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: RSSI (Alınan Sinyal Gücü Belirtecisi), Kapalı alan yer belirleme, Hareketli konum tespiti, 802.11 standartları

University : **TOBB Economics and Technology University**
Institute : **Institute of Engineering**
Science Programme : **Computer Engineering**
Supervisor : **Assistant Professor Dr. Bülent TAVLI**
Degree Awarded and Date : **M. Sc. – August 2008**

Yıldırım Umut DOĞANCI

LOCATION DETERMINATION USING IEEE 802.11 STANDARTS

ABSTRACT

Recently, Wireless LANs are becoming increasingly popular, especially those based on IEEE 802.11a,b and g standards. Wireless networks are having a vital importance when a large number of nodes (user) have to be deployed, and/or in accurate situations. Positioning systems for indoor areas using the existing wireless local area network infrastructure have been proposed. Thus far, many characteristic features of RSSI have not been thoroughly investigated. Many researchers have relied on the RSSI as signal information to determine objects location while ignoring the characteristic of RSSI. We study the problem of determining the location of a mobile device in indoor areas using with RSSI. The problem is so complicated because RF Signals are affected by the noise, interference, multi-path effect and random movement in the indoor environment. In this thesis, we develop a method for analyzing such positioning systems. We find that in spite of this randomness, the signal information is enough to detect the position of a mobile device with a small error margin.

Keywords: RSSI (Received Signal Strength Indicator), Indoor localization, Mobile position determination, 802.11 standarts.

TEŞEKKÜR

Bana her zaman, her konuda destek sağlayan aileme, arkadaşlarıma ve tez hocam başta olmak üzere bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM 1.....	1
1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
2. LİTERATÜRDE YEREL KABLOSUZ AĞLAR.....	3
2.1. Kablosuz ağlar nedir?.....	3
2.2. WLAN Kurulmasında temel yaklaşımlar.....	4
2.3. WLAN Teknolojisi Kullanım Alanları.....	7
2.3.1. Kablolü Ağlara Alternatif.....	7
2.3.2 Bütçe ya da Kablolama Zorluğunun Bulunduğu Durumlarda....	7
2.4. WLAN Tasarım Kriterleri.....	8
2.4.1. Bant Genişliğı İhtiyacı.....	8
2.4.2. Konumlandırma.....	9
2.4.3. Kapsama Alanı.....	9
2.4.4. Ölçeklenebilirlik.....	9
2.4.5. Güvenlik.....	10
2.4.6. Veri İletişim Güvenliğı.....	10
2.4.6.1. Gizlilik.....	11
2.4.6.2. Yetkilendirme.....	11

2.4.6.3. Bütünlük.....	11
BÖLÜM 3.....	12
3. AĞ STANDARTLAŞMASI.....	13
3.1 Standartlaşma Ve Standardın Tanımı.....	13
3.2 Ağ Standartlaşması Nedir?.....	13
3.3 IEEE 802.11 WLAN Standartları	14
3.3.1 WLAN Standartlaşmasının Avantajları.....	14
3.3.2 IEEE 802.11 Standartları.....	15
3.3.2.1 IEEE 802.11 Standardı.....	15
3.3.2.2 IEEE 802.11b Standardı.....	16
3.3.2.3 IEEE 802.11a Standardı.....	16
3.3.2.4 IEEE 802.11g Standardı.....	18
3.4 Modülasyon Teknikleri.....	19
3.4.1 Düz Sıralı Dağınık Spektrum.....	19
3.4.2 Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum.....	20
3.4.3 Dikey Frekans Bölüşümlü Çoğullama.....	20
BÖLÜM 4	21
4. KABLOSUZ AĞLARDA YER BELİRLEME.....	21
4.1. Kapalı Alan Konumlandırma Sistemi Yaygın Bileşenleri.....	22
4.2. Kapalı Alan Konumlandırma Sistemini Sınıflandırma.....	23
4.2.1. Uyarana Bağlı Sınıflandırma.....	23
4.2.1.1. Kızılötesi.....	23
4.2.1.2. Radyo Frekansı	24
4.2.1.3. Ses Ötesi	25
4.2.2 Ölçme Prensibine Dayalı Sınıflandırma.....	25
4.2.2.1. Varış Açısı	26
4.2.2.2. Varış Zamanı.....	27
4.2.2.3. Varış Zaman Farkı	28
4.2.2.4. Uçuş Zamanı.....	29

4.2.3. Küresel Yer Belirleme Sistemi.....	30
4.3. RSSI Kullanarak Kapalı Alan Yerel Konumlandırma.....	31
4.3.1. Parmak İzi Yöntemi.....	33
4.4. Konum Tahmin Algoritması.....	34
4.4.1 Öklid Mesafesi	38
4.4.2 Bulanık Kümeleme.....	39
4.5 Filtreleme.....	40
4.6 RSSI.....	40
BÖLÜM 5.....	43
5. RSSI DENEYİ.....	43
5.1 Saha Tarama Aracı.....	43
5.1.1 Statik tarama.....	44
5.1.2 Dinamik Tarama.....	45
5.2 Toplanan Verinin Yapısı.....	46
5.3. Alınan Sinyal Gücü (RSS).....	48
5.3.1 RSS'i Etkileyen Parametreler.....	48
5.3.1.1 Verici Değişkenliği.....	49
5.3.1.2 Alıcı Değişkenliği.....	49
5.3.1.3 Anten Yönelimi.....	50
5.3.1.4 RF Kanalında Çok Yollu Sönümlenme.....	50
5.3.1.5 Parazit.....	51
5.3.1.6 Veri Sayısı.....	52
5.3.1.7 Kullanıcının Yönlendirmesi veya Sonlandırması.....	53
5.3.1.8 Alıcının Vericiden Uzaklaşması.....	53
5.4. Öklid Mesafesi Kullanılarak Yapılan Deney.....	54
BÖLÜM 6.....	56
6. SONUÇLAR.....	56
KAYNAKLAR.....	58

ÖZGEÇMİŞ.....	62
---------------	----

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Kablosuz ağ protokolleri ve genel özellikleri.....	19
Çizelge 5.1. RSS'i etkileyen faktörlerin sınıflandırılması.....	49
Çizelge 5.2. Farklı WLAN kart modelleri RSS değerleri.....	50

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Noktadan-noktaya kablosuz ağ.....	4
Şekil 2.2. Erişim noktası ve diz üstü bilgisayar kullanarak WLAN oluşturulması.....	5
Şekil 2.3. Kablolü ve kablosuz ağlardan oluşan karma bir yapı.....	6
Şekil 4.1. Donanım modülünü temsil eden diyagram.....	22
Şekil 4.2. Konumlandırma sistemlerinin sınıflandırılması.....	26
Şekil 4.3. AOA'nın çalışma prensibi.....	27
Şekil 4.4. TOA'nın çalışma prensibi.....	28
Şekil 4.5. TDOA'nın çalışma prensibi.....	29
Şekil 4.6. GPS destekli yer tahmini.....	31
Şekil 4.7. Üç farklı erişim noktasının mesafeye göre değişimi.....	42
Şekil 5.1. Düzenekte, bir adet alıcı ve verici varken yapılan ölçüm.....	51
Şekil 5.2. Düzenekte, bir adet verici ve 4 adet alıcı varken yapılan ölçüm.....	52
Şekil 5.3. MS'nin, AP'den uzaklaştıkça ortalama RSS değeri değişimi.....	53
Şekil 5.4. X ve Y koordinatları (558,72) olan nokta.....	54
Şekil 5.5. X ve Y koordinatları (626,191) olan nokta.....	55

KISALTMALAR

Kısaltmalar Açıklama

AOA	Sinyal Varış Açısı – Angle Of Arrival
BTS	Baz İstasyon – Base Transceiver Station
CCK	Tümler Kod Sayısal Kiplenim – Complementary Code Keying
CSMA/CA	Taşıyıcıyı Dinleyen Çarpışmayı Sezen Çoklu Erişim – Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
DBPSK	Ayrımsal İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim – Differential Binary Phase Shift Keying
DFS	Dinamik Frekans Seçimi – Dynamic Frequency Selection
DQPSK	Ayrımsal Dördün Faz Kaydırmalı Kiplenim – Differential Quadrature Phase Shift Keying
DSSS	Doğrudan Ardışık Dağılım Spektrumu – Direct Sequence Spread Spectrum
EAP	Geliştirilebilir Doğrulama İletişim Kuralları – Extensible Authentication Protocol
FHSS	Frekans Atlamalı Geniş Spektrum – Frequency Hopping Spread Spectrum
FM	Frekans Kiplenimi – Frequency Modulation
GPS	Küresel Yer Bildirim Sistem – Global Positioning System
IEEE	Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü – Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Endüstriyel Bilimsel Tıbbi Bandı – Industrial Scientific Medical Band
ISO	Uluslararası Standard Organizasyonunu – International Organization for Standardization
LAN	Yerel Alan Ağı – Local Area Network
LMU	Konum Belirleme Ünitesi – Location Measurement Unit
MAC	Ortama Erişim Kontrolü – Media Access Control
MS	Mobil İstasyon – Mobile Station
OFDM	Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama – Orthogonal Frequency Division Multiplex

PCMCIA	Uluslararası Kişisel Bilgisayar Bellek Kartı – Personal Computer Memory Card International Association
RF	Radyo Frekansı – Radio Frequency
RSS	Alınan Sinyal Gücü – Received Signal Strength
RSSI	Alınan Sinyal Gücü Belirteci – Received Signal Strength Indication
TDAO	Sinyal Varış Zamanları Farkı – Time Difference Of Arrival
TOA	Sinyal Varış Zamanı – Time Of Arrival
TOF	Uçuş Zamanı – Time Of Flight
UHF	Ultra Yüksek Frekans – Ultra High Frequency
VPN	Sanal Özel Ağ – Virtual Private Network
WAP	Kablosuz Uygulama Protokolü – Wireless Application Protocol
WEP	Kablolu Eşdeğeri Gizlilik – Wired Equivalent Privacy
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağı – Wireless Local Area Network

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler Açıklama

d	Ana Yönler
β_i	RSS Bileşenleri Ortalama Vektörü
$\text{Dist}(\cdot)$	En Basit Yakınlık Ölçümü
g	Sinyal Zayıflama Seviyesi
α	Çevresel Etmenler

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Kullanıcı yer bildirim ve izleme konularında, yıllar içinde birçok sistem geliştirildi. Bu sistemlerin arasında, küresel yer bildirim sistemi (GPS), geniş alan hücre tabanlı sistemler, kızılötesi tabanlı sistemler, manyetik izleme sistemleri, çeşitli bilgisayar görüntüleme sistemleri, fiziksel yakınlık sistemleri, ses ötesi tabanlı sistemler ve radyo frekansı tabanlı sistemler vardır [1].

GPS [2], şu anda en çok kullanılan yer belirleyici sistem olsa bile, hem takip edilecek her bir ekipmanın üzerine bir GPS vericisi yerleştirmek oldukça pahalı bir yol olacaktır, hem de GPS cihazları doğru yer belirlemek için gerekli veriyi her zaman sağlayamamaktadır. Aynı zamanda, bu tür ekipmanların, güç harcama miktarları da düşük olmayacağından, güç konusunda da sorunlar ortaya çıkabilecektir.

Bu çalışmada, kablosuz ağdaki düğümlerin (kullanıcıların) yerlerinin IEEE 802.11x standartlarına uyarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. RSSI değerleri kullanılarak, kapalı alanlarda yer tespiti yapan bir uygulama geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, yapılan deneylerle RSSI'ın karakteristik özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Yer belirleme algoritmasının performansı radyo menzili, düğüm yoğunluğu, erişim noktası / düğüm oranı gibi önemli ağ parametrelerine göre değişiklik gösterebilir ve çözümün makul parametre değer aralığında yeterli performansı sağlaması beklenir.

Algoritma her bir düğüme ayrı ayrı dağıtılmalı ve çalıştırılmalıdır. Bütün ağdan gelen verilerle, elde edilen şemalar ve genel hesaplamalar olmamalıdır. Algoritma her bir algılayıcı düğüm için çalışacağından dolayı, göreceli olarak basit olmalıdır ve limitli bir kaynağa ihtiyaç duymalıdır (veri iletişimi, bellek, hesaplama vs...). Hedef

düğümün istenilen isabetlilikle bulunması veya yer belirlenemiyorsa (yetersiz veri vs...) düğümü bu şekilde sınıflandırmaktır.

Kablosuz ağlar üzerinde yer belirleme çalışmaları, yıllardır özel ve askeri uygulamalarda yapıldığı düşünülürse, yeni bir algoritma geliştirmek hiç de kolay olmayacaktır.

Bölüm 2’de literatürde kablosuz ağ çalışmaları farklı başlıklar altında incelenmiştir. Bölüm 3’te kablosuz ağlarda yer belirleme yöntemlerine değinilmiştir. Bölüm 4’te ağ standartlaşması, 802.11 standartları ve modülasyon tekniklerine değinilmiştir. Bölüm 5’te yer tahmini için toplanan verilerin yapısı ve RSSI değerlerini kullanarak yapılan deneyler anlatılmıştır. Bölüm 6’da yapılan çalışma ile ilgili bulunan sonuçlar anlatılmıştır.

BÖLÜM 2

2. LİTERATÜRDE KABLOSUZ YEREL AĞLAR

2.1. Kablosuz Yerel Ağlar Nedir?

Kablosuz ağ teknolojisi [3], havadan yayılan elektromanyetik dalgaların bir noktadan başka bir noktaya fiziksel bağlantı olmaksızın belirli bir frekans kanalında iletildiği bir iletişim yöntemidir. Radyo dalgaları, uzaktaki bir alıcıya enerji verdiği için alıcı tarafından kusursuz bir şekilde alınır.

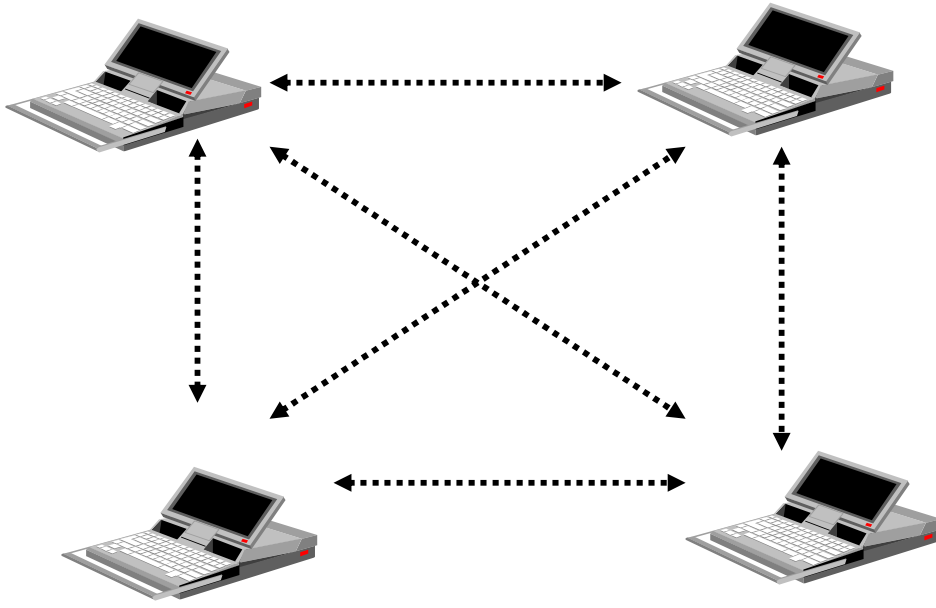
WLAN [6], yerel anlamda bilgisayar sistemlerinin var olan yerel alan ağ teknolojisine bağlı kalınarak kablosuz olarak iletişimde bulunmalarıdır; bu amaçla, IEEE 1997 yılında kablosuz Ethernet'in başlangıcı olan 802.11 standardını tanımlamıştır.

IEEE 802.11 standardı, ilk kablosuz Ethernet olup ISM bandında 2,4 Ghz'de 2Mbps'e kadar iletişime olanak veren bir standarttı, daha sonra IEEE 802.11'in IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11i, IEEE 802.11e, IEEE 802.11n, gibi çeşitli türevleri tanımlanarak çok daha yüksek hızlara çıkmıştır.

Kablosuz bir LAN, kendi başına tamamen kablosuz olabileceği gibi, var olan ve temelde kablolu altyapısına dayanan bir yerel alan ağının parçası/uzantısı da olabilir.

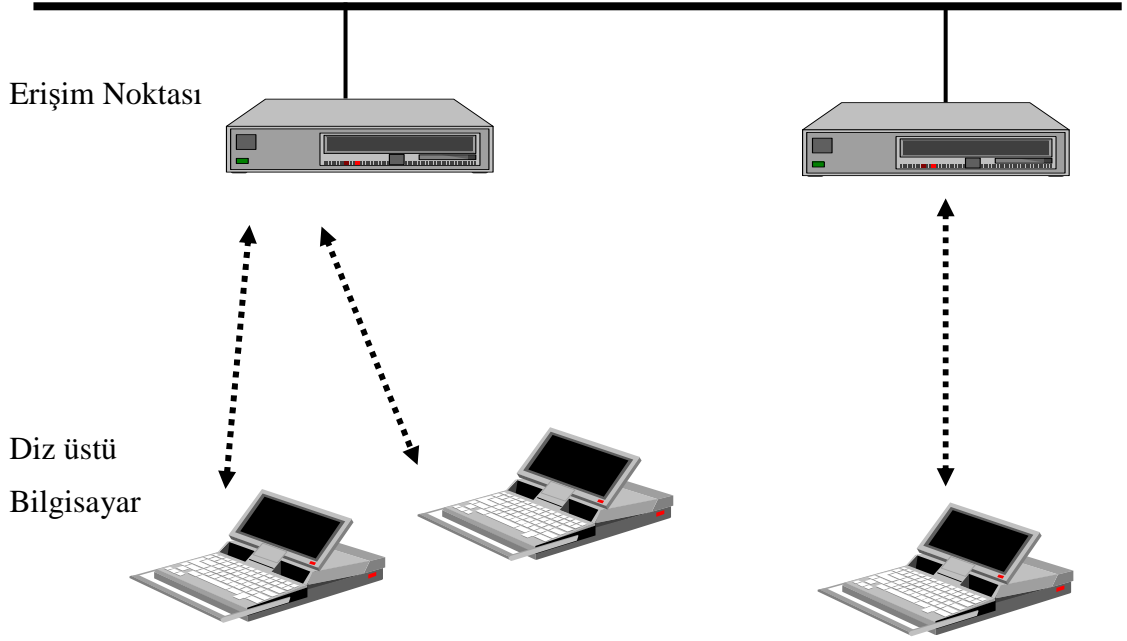
2.2. WLAN Kurulmasında Temel Yaklaşımlar

En kolay WLAN, Şekil 2.1’de ki gibi bilgisayarların kablosuz ağ kartı üzerinden birbirlerini doğrudan görmesi şeklinde verilebilir. Bu şekilde sistemler birbirlerinin kaynaklarını kullanabilir. Bu tür uygulamalara, noktadan-noktaya kablosuz bağlantı denir [3].



Şekil 2.1. Noktadan-noktaya kablosuz ağ

Daha geniş alanda WLAN uygulaması için, Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, merkez cihaz anlamında kablosuz erişim yapılan bir sistem koyulur ve kullanıcı durumundaki diğer kablosuz sistemler, bu cihaz üzerinden birbirleriyle haberleşirler. WLAN uygulamasında böylesi merkez cihazlar erişim noktası veya baz istasyonu olarak adlandırılmaktadır [4].

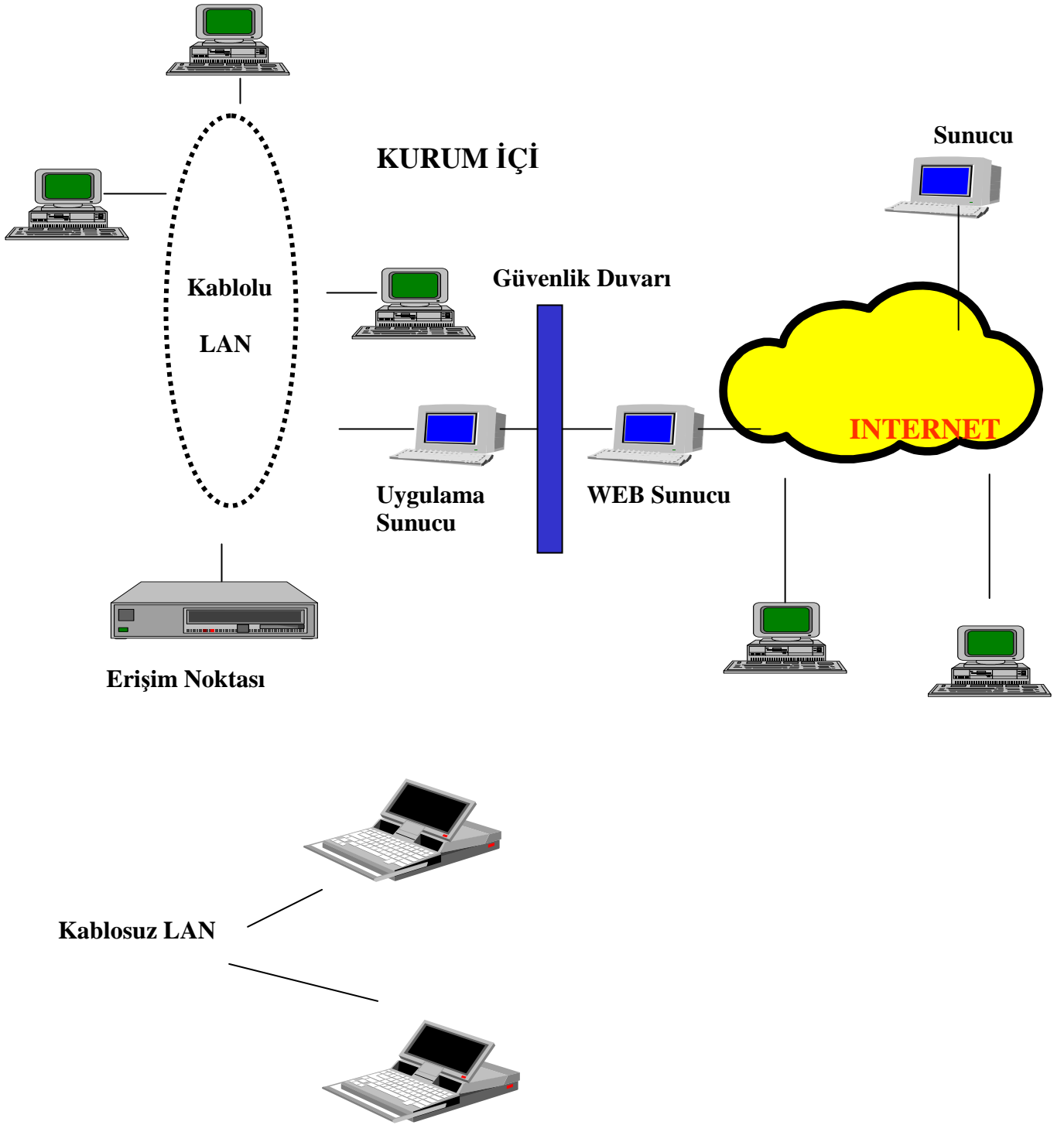


Şekil 2.2. Erişim noktası ve diz üstü bilgisayar kullanarak WLAN oluşturulması

Dizüstü bilgisayarlar, masaüstü bilgisayarlar ve sunucular PCMCIA kartı ile veya kablosuz sinyalleri alıp iletebilen takılabilir kartlar ile WLAN'a bağlanabilirler.

Kablosuz bir LAN'da hangi standart kullanılıyorsa, o standardı destekleyen ağ cihazları kullanılmalıdır. Örneğin 802.11a standardı seçilmişse ağ kartları da 802.11a standardında olmalıdır (veya desteklemelidir). Ancak farklı standartlarda erişim noktası cihazları kullanılarak tek bir ağ üzerinde hepsi karşılıklı görüşülebilir; her biri kendi standardındaki erişim noktasına erişir [5,6].

Erişim noktası cihazları, aynı köprü cihazları işlevliğinde hem kablosuz kullanıcı sistemlerini birbiriyle görüştürür hem de kablosuz ağın kablolu ağa bağlanması işini sağlarlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kablolu ve kablosuz ağlardan oluşan karma bir yapı

2.3. WLAN Teknolojisi Kullanım Alanları

Kablosuz ağ teknolojileri günümüzde kablolu ağ teknolojilerinin kullanıldığı tüm ortamlarda verimlilik ve üretkenliği arttırmak, mobiliteden kaynaklanan esnekliği sağlamak, yedekleme amaçlı olarak ve kablolama zorluğunun bulunduğu yerlerde kablosuz olarak erişilebilirliği devam ettirebilmek için kullanılabilir [7].

2.3.1. Kablolu Ağlara Alternatif

Kablolu ağların bulunduğu noktalarda kullanıcıların daha verimli çalışabilmesi, mobiliteden kaynaklanan esnekliği kullanabilmeleri için potansiyel olarak kablolu ağların bulunduğu tüm noktalarda kablosuz ağ teknolojileri önerilebilir. Amaç tüm ağların kablosuz hale getirilmesi değil daha çok kablolu ağlar ile kablosuz ağların beraber çalışabildiği, sunucu gibi masaüstü sistemlerini kablolu erişime devam ederken, dizüstü kullanıcılarının ofis içerisinde çeşitli yerlerde hizmet erişimine devam edebilmeleri için kablosuz olarak ağa bağlandıkları karma bir ağ yapısı elde etmektir [8].

2.3.2 Bütçe ya da Kablolama Zorluğunun Bulunduğu Durumlarda

Özellikle uzak mesafeler söz konusu olduğunda, ağın genişletilmesine ihtiyaç duyulduğunda kablosuz ağlar, kablolu ağlara göre daha avantajlı olabilmektedir. Örneğin, Ethernet kablolamada maksimum kablo boyu 100 metre olarak sınırlandırılmıştır. 100 metreden daha uzak mesafelerde sinyallerin yeniden güçlendirilmesi gerekir. Bu yüzden araya yineleyici, dağıtıcı ya da anahtarlayıcı gibi ağ cihazlarının koyulması gerekmektedir. Diğer seçenekte ise ağın genişlemesi için fiber-optik kablo kullanılmasıdır. Ancak bu seçimde de en fazla 3 km mesafe ile sınırlıdır. Hem kurulum ve yönetim zorluğu, hem de maliyetleri nedeniyle özellikle 1 Gbps gibi yüksek bir hıza ihtiyaç yok ise fiber çözümler çokta mantıklı değildir. Bu

nedenle uzak mesafelerde yüksek performanslı bir iletim için kablosuz ağ çözümleri en uygun tercih olacaktır. Alışveriş merkezleri, restoranlar, otobüsler, hastaneler, okullar ya da tarihi binalar gibi, kablolama yapmanın mümkün olmadığı yerlerde, kablosuz ağlar tercih edilmelidir.

2.4 WLAN Tasarım Kriterleri

WLAN tasarımı yaparken dikkat edilmesi gereken temel kriterler [9]:

2.4.1. Bant Genişliği İhtiyacı

Her şeyden önce, bant genişliği, yani geniş aralıkta iletişim kurmak herkesin isteyeceği bir şeydir. İstenilen bant genişliği büyüklüğüyle, ödenecek ücretin doğru orantılı bir şekilde arttığı unutulmamalıdır. Bant genişliği fazla olan sistemler için ileriye dönük büyük bir yatırım pek de gerekmez. Ancak durumun tersi düşünöldüğünde, bant genişliği ihtiyacının ne kadar önemli bir konu olduğu anlaşılabilir. Örneğin, eğer kullanıcıların, yüksek bant genişliğine ihtiyaçları varsa, 54 Mbps bant genişliği sağlayan teknolojiler, tercih edilmelidir. Geleceği düşünerek o andaki gereksiniminden fazla bir bant genişliği isteğinde bulunmak, sadece bant genişliğinin ziyan olmasına değil ayrıca o genişliği satın alan paranın da ziyan olması anlamındadır [10]. Bu amaçla gerekli olan bant genişliği sadece gerektiğinde alınmalıdır. Eğer ileriye dönük hareket edilecekse, düşünölmeli gereken kıstaslar olarak:

- Gelecekte daha çok seçenek olacağı,
- Daha fazla üretici ile daha fazla rekabetin olacağı ve sonucunda daha fazla nitelik geleceği,
- Daha büyük ölçüde elverişlilik sağlanacağı,
- Alım için daha az fiyat ödeneceğine dikkat edilmelidir.

Ayrıca, bazı durumlarda teknolojinin kanallı yapısı kullanılarak aynı ortamda örtüşmeyen kanalların seçimi ile birkaç cihazın aynı ortamda kullanılması ve bant genişliğinin birkaç katına çıkarılması mümkündür.

2.4.2. Konumlandırma

Kullanıcı yatırımlarını doğru yönlendirmek ve ağın en uygun şekilde kullanılması için bölge incelemesi denilen işlem mutlaka yapılmalıdır. Bölge incelemesindeki temel amaç, erişim noktaları üzerinde ki kullanıcı sayılarının ve trafik miktarının uygun olarak dağıtılmasıdır. En az sayıda erişim noktası kullanımı ile en yüksek kapsama alanı ve bant genişliğinin elde edilmesi istenilen hedefdir. Ayrıca, bu safhada, kapsama alanı oluşturmak için hangi tip antenler kullanılacağı ve erişim noktalarının nerelere koyulacağı karara bağlanır. Unutulmaması gereken şey ise, eğer sisteme, gereğinden çok daha fazla erişim noktası konulursa, sistemin performansının düşeceği ve maliyetinin artacağıdır [11].

2.4.3. Kapsama Alanı

802.11x ailesi IEEE tarafından WLAN uygulamaları için tanımlanmış standartlar kümesidir. Bu kablosuz ağ standartları farklı frekanslarda çalışmaktadır. IEEE 802.11a ve IEEE 802.11h standartları 5 GHz'de çalışırken, IEEE 802.11, IEEE 802.11b ve 802.11g teknolojileri 2.4 GHz frekansında çalışmaktadır [4].

2.4.4. Ölçeklenebilirlik

Erişim noktaları ve kablosuz köprülerin planlaması yapılırken ağın büyüme ihtimalleri de göz önüne alınmalıdır [12]. Gerekli çalışmaların yapılması ile ağın

gelecekte hangi durumda olabileceği, kullanıcı sayısının tahmin edilmesi ve bu doğrultuda, ürünlerin ve kapsamanın limitlerde kullanımından kaçınılmalıdır.

2.4.5. Güvenlik

Taşınan verilerin içeriği ne olursa olsun güvenlik en önde tutulması gereken konu başlıklarından belki de ilkidir. Radyo frekanslarının havadan iletilmesi, istenmeyen kişilerce izlenebilme ve takip edilme olanağı sağlar [13]. Noktadan noktaya iletim sistemleri izlenmesi zor olan haberleşme yöntemidir; ancak, noktadan-çok noktaya iletimler teknik açıdan izlenmesi daha kolay bir haberleşme türüdür. Kablosuz ağ teknolojileri neredeyse kablolu ağlara denk güvenlik özelliklerine sahiptir.

Kullanıcının, iş bölümüne, büyüklüğüne, taşıdıkları verilerin niteliğine ve kullanıcı sayılarına göre, farklı güvenlik parametreleri uygulanabilir [14]. Statik ve Dinamik WEP şifreleme, kimlik sorgulama amaçlı EAP kullanımı, bölgeden-bölgeye VPN, gibi çok çeşitli güvenlik seçenekleri mevcuttur. Kullanıcı ihtiyaçlarının doğru şekilde değerlendirilmesi durumunda güvenlik ile ilgili soru işaretleri ortadan kalkmaktadır.

2.4.6. Veri İletişim Güvenliği

Veri iletişim güvenliği, daha küçük güvenlik birimlerinden oluşur. Aşağıda farklı birimler tanıtılmıştır.

2.4.6.1. Gizlilik

WAP, gizliliği tanımlar ve uçtan-uca gizli transferi garantiler. Veri akışını kesen diğer partiler için veri anlaşılabilir olmaz. Gizliliği sağlamada kriptografi kullanılır. Düz metinler gizliliği sağlamak için şifrelenir ve daha sonra şifreleri çözülür.

Güçlü şifreleme ihtiyacı, gizli algoritmalar ile değil, paylaşılan gizliliğin kullanılması ile karşılanır. Bununla birlikte, kullanılan kriptografik metot, tüm istatistiksel testlerde rasgele çıktı üretmelidir. Eğer alıcı taraf, şifrelenmiş veriyi çözemiyorsa veri bir işe yaramaz. Gönderen ve alan, veriyi şifrelemek ve çözmek için aynı kriptografik metodu ve gizliliği kullanmalıdır.

2.4.6.2. Yetkilendirme

Yetkilendirme, kullanıcının o anki kimliğinin doğruluğundan emin olma tekniğidir. En başta, karşı taraf kendini tanıtır ve kimliğini iddia eder. Ancak bu yeterli değildir. İlişkide bulunan taraf da, karşı tarafın iddia edilen kimlik olup olmadığından emin olmak ister. Karşı taraf, bazı onaylamaları sunarak kimliğini ispat eder. Bu basit bir şifre veya daha karışık bir dijital imza veya sertifika olabilir.

2.4.6.3. Bütünlük

Bütünlüğü sağlamanın anlamı, bilginin güvenilirliğini güven altına almaktır. İzinsiz değişiklikleri önlemek veya en azından bu değişiklikleri bulabilmek için bir metot kullanılmalıdır. Bir ileti sadece aktarım sırasında değiştirilmemişse kabul edilmelidir. Bu şekilde araya girme saldırıları da önlenmiş olacaktır.

Bütünlük, gönderilen orijinal veriden hesaplanan kontrol toplamı ile garanti edilir. Sadece kontrol toplamı yeterli değildir. Gönderen ile ilişkili bilginin de bu hesaplamaya katılması gerekir. Bilgi, kullanıcı dijital imzası ile imzalanır.

Birçok durumda, bütünlüğü sağlamak gizlilikten daha önemlidir. Örneğin, bankacılık işlemlerini ele alalım. Kullanıcının hesabında ne kadar para olduğunu bir başkasının görmesi pek hoş bir durum değildir, ancak bu para miktarının değiştirilmesi kabul edilemez.

BÖLÜM 3

3. AĞ STANDARTLAŞMASI

3.1. Standartlaştırmanın ve Standardın Tanımları

ISO'nun tanımına göre “standartlaştırma, belirli bir etkinlik ile ilgili olarak ekonomik fayda sağlamak üzere bütün ilgili tarafların yardımı ve işbirliği ile kurallar koyma ve bu kurallara uyma işlemidir” [6].

Standartlaştırma, aslında toplumun kalite ve ekonomik çözüm arama çalışmalarının sonucu olarak ortaya çıkan bir etkinliktir. Standartlaştırma, temel olarak mal ve hizmet üretiminde aranacak özellikleri ortaya koymakla beraber, diğer alanlarda da zaman zaman kullanılabilir. Standartlaştırma, bütün ilgili tarafların yardımları, katılımları ve karşılıklı işbirliği ile gerçekleştirilmeli ve genel kabul görmelidir. Standartlaştırma çalışmaları sonucunda ortaya çıkan onaylı belgeye standart adı verilmektedir.

3.2. Ağ Standartlaşması Nedir?

Ağ sistemleri üreten ve satan birçok firma olduğu gibi, her üreticinin sistemlerin nasıl üretileceğine ilişkin görüşleri de farklı olabilir. Eğer sistem üreticisi kendi düşündüğü özelliklerde bir sistem üretirse, farklı üreticilerin ürettikleri sistemlerin birbiriyle bağdaşmaları mümkün olmaz ve bu da karmaşa yaratır. Bu karmaşayı önlemek için, sistemlerin bazı özellikleri üzerinde fikir birliğine varıp, bu özellikleri o sisteme ilişkin standartlar olarak tanımlamak, yayınlamak ve o standartlara uymak gerekir [5].

3.3. IEEE 802.11 WLAN Standartları

[5] [6] WLAN sistemleri ilk olarak 1990'lı yılların başında işyerlerinde kullanılmaya başlanmıştır. İlk yıllarda, düşük veri hızları, yüksek maliyetler, donanım uyumsuzluğu ve kullanıcıların birbirinden habersiz olması gibi sorunlar nedeniyle WLAN'ın yayılım hızı yavaş olmuştur. Ancak 2000'li yıllardan itibaren, standartlaşmayla birlikte WLAN sistemleri hızla yayılmaktadır. Çünkü standartlaşma sonucunda çeşitli marka WLAN ekipmanı aynı kablosuz ağ içinde kullanılabilir.

3.3.1. WLAN Standartlaşmasının Avantajları

- Standartlaştırma; aynı zamanda performans artışına, ürün yelpazesinin genişlemesine yol açar.
- Standartlar, bir sistemin kabul edilmiş özelliklerini tanımladığından, genellikle, üretici firmalara yol gösterici olur ve üreticiye tasarım, geliştirme ve test kolaylığı sağlar.
- Standartlar, sistemlerin birbirleri ile bağdaşabilirliği konusunda güvence verdiği için, tüketiciye/kullanıcıya sistemin farklı birimlerini farklı üreticilerden satın alma esnekliğini sağlar. Ancak, bu konuda sorun çıkmaması için tüketicilerin/kullanıcıların her zaman ürünlerin standartlarını en ince ayrıntısına kadar incelemeleri gerekir.
- Ağların aynı standartlara uygun olmaları, birbirleri ile doğrudan haberleşmelerine olanak tanıyacağından, geçit yolu gibi ek aygıtlara gereksinim duyulmayacağı için, ek maliyetler önlenmiş olur.
- Ağların aynı standartlara uygun olması, ağ işletmecilerine işletim ve bakım kolaylığı sağlar. Farklı özelliklerde çalışan ağların işletim ve bakım işlemleri

için farklı test cihazları satın alınması ve işlemlerinin uygulanması işletmecinin personel ve gereç maliyetini arttırır.

- Standartlar, farklı üreticilerin ürettikleri bilgisayarların birbiri ile haberleşmelerine olanak tanımakla kalmaz, aynı zamanda, standartlara uygun ürünlerin pazar payını da arttırır. Ürünün Pazar payının artması seri üretimi mümkün kılar. Seri üretimle de fiyatlar ucuzlar.

3.3.2. 802.11x Standartları

Aşağıda standartlar ve özellikleri tanıtılmıştır.

3.3.2.1. 802.11 Standardı

802.11, IEEE tarafından, kablosuz yerel alan ağları için geliştirilmiş bir standarttır. 802.11x ailesinde, ilk geliştirilen standart olan 802. 11; 2.4 GHz frekansında, saniyede 1Mbps ve 2 Mbps veri transferine izin verir. 3.4’ de anlatılan, DSSS ve FHSS modülasyon teknolojilerini kullanmaktadır [15]. [16] Bu sürüm esas erişim yöntemi olarak CSMA/CA teknolojisi kullanılmıştır. CSMA/CA teknolojisi veri aktarma hacmini ciddi bir yük getirmekle beraber, kötü koşullar altında da güvenilir veri aktarımı sağlıyordu. Yani 802.11 kısıtlı bant genişliğine rağmen sağlam ve güvenli bir sistem altyapısı sağlamaktaydı. Bu, 802.11’in ilk sürümünün en önemli özelliği, üreticilere ve kullanıcılara çok sayıda seçenek sunmasıydı. İlk bakışta çok faydalı bir özellik olarak gözükmesine rağmen, bu özelliğin getirdiği önemli bir sorun da vardı. Çok sayıda seçenek sunulmasından dolayı piyasadaki farklı ürünler arasında uyum sorunu ortaya çıkmıştı. Bu uyumsuzluk yüzünden, 802.11x standardının bu sürümüne, daha çok bir beta sürümü olarak kabul edilmektedir.

802.11 standartları ISM bantları olarak da adlandırılan 2.4 GHz (2.4 - 2.4835 GHz) frekans bandı ile 5 GHz (5.15 - 5.825 GHz) bandında çalışır. Bu frekans aralıkları lisanssızdır ama bazı ülkelerde 5 GHz bandının kullanımında birtakım kısıtlamalar getirilmiştir. 802.11, 1997 yılında standart olmuştur [17].

3.3.2.2. IEEE 802.11b Standardı

802.11b standardı, 802.11a'dan önce tanımlanmıştır. Desteklediği aktarım oranları 1, 2, 5.5 ve 11Mbps'dir. 802.11b, 50 metreye dek haberleşebilir ve DSSS modülasyon teknolojisini kullanmaktadır. Aktarım hızı gürültü altında aktarım hızı 5.5 Mbps'e kadar düşer. 2 Mbps veya 1 Mbps bağlantıyı kontrol için kullanır [15].

IEEE 802.11b noktadan-noktaya, dolaysız anten haberleşmesi ile 16 kilometreye kadar ulaşabilir. Her veri aktarım oranı için aynı MAC protokolü olan CSMA/CA kullanıldığından, farklılık yalnızca fiziksel radyo katmanındadır. Yerel sınırlamalara bağlı olarak 2.4 GHz bandında 11'den 14'e kadar kullanılabilir kanal tanımı yapılmıştır [16].

Erişim noktası kullanıldığı durumlarda, aynı andaki kullanıcı sayısı ve aktarılan trafiğin türü performansı önemli ölçüde etkiler. Ses ve görüntü gibi gerçek zaman özellikleri gerektiren trafikler 802.11 ağlarında oldukça zorlanırlar. IEEE 802.11b standardının üstünlüğü ve ana konusu; Mavi dış, RF ve mikrodalga gibi teknolojiler tarafından kullanılan 2.4 GHz banda işleyebilmesidir [17].

3.3.2.3. 802.11a Standardı

[15] 802.11b ile aynı MAC teknolojiye ve CSMA/CA erişim yöntemi kullanılmasına rağmen OFDM gibi farklı bir modülasyon tekniğini kullanarak çok daha yüksek

hızlara çıkmıştır. 802.11a standardı; 5 GHz bandında, 54 Mbps ile çoklu ortam uygulamalar için ve yoğun veri aktarımının yapıldığı uygulamalar için çok uygun olacaktır.

802.11a'da 54 Mbps'e çıkılmasına rağmen 6, 9, 12, 18, 24, 36 ve 48 gibi ara hızlarda desteklenmektedir. Uygulamada genelde 6, 12 ve 24 Mbps'le karşılaşmaktadır. 802.11a standardı, yüksek hız sağlamaktadır. Buna karşılık, kapsama alanı daralması ortaya çıkmaktadır. Ayrıca protokol fazlalığı, enterferans/hata düzeltme etkilerinden dolayı net veri aktarımı oranı büyük ölçüde düşmektedir [6].

Bu standart, 802.11b ve 802.11g standartlarıyla uyumsuzdur. 802.11a standardı, enterferans yaratmamak için geliştirilen dinamik frekans seçimi özelliğine de sahip değildir. DFS özelliği; bir cihazın frekans kanalında gönderme yapmadan önce, başka sistem tarafından kullanılıp kullanılmadığının kontrol edilmesi özelliğidir [17].

5 GHz frekansını, kullanmanın olumsuz yönü, sinyalin erişim mesafesi söz konusu olunca ortaya çıkmaktadır. "b" ve "g" sürümlerine nazaran bu sürümü kullanan cihazların erişim mesafesi daha kısadır. Bunun en önemli nedeni ise, 5 Ghz frekans aralığında yayın yapan cihazın sinyallerinin duvar ve diğer nesnelere tarafından daha fazla emilmesidir.

5 GHz frekansının, olumlu tarafları ise veri aktarım hızı ve veri aktarımındaki güvenilirlikte ortaya çıkmaktadır. Bu frekansta yayın yapan çok fazla kablosuz elektronik cihaz bulunmaktadır. Bundan dolayı, 802.11a, kullandığı farklı frekans aralığı nedeniyle diğer elektronik cihazların (mikrodalga, kablosuz telefon, mavi diş gibi kullanan cihazlar, v.s.) etkisine daha az maruz kalır. Aynı zaman içerisinde bu frekansta kullanılacak kanal sayısı da ciddi bir biçimde artırılmıştı [16].

Yüksek frekanslarda çalışan cihazların pahalı olması nedeniyle, 802.11a standardı ürünlerin maliyeti yüksektir. Bu standart geriye uyumlu olmadığı ve pahalı olduğu için, kullanımını fazla yaygın değildir [15].

802.11a teknolojisi; Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok ülkede, sivil amaçlar için kullanımını kısıtlanan 5 GHz bandında çalışması nedeniyle kullanılamaz durumdadır.

3.3.2.4. IEEE 802.11g

802.11g standardı, 802.11a'yı kullanamadıkları için 802.11b'nin sunduğu 11 Mbps hızı ile yetinmek durumunda kalan ülkelerin bant genişliği ihtiyacını karşılamak üzere her iki teknolojinin elverişli yönlerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş yeni bir teknolojidir. Teknolojik olarak 2.4 GHz bandında çalıştığı için, onun özelliklerini taşır ancak toplam 54 Mbps bant genişliği sunar. 802.11b ile 802.11g aynı yerde çalışabilir. Ülkemizde 2004 yılı başından itibaren 802.11g ürünleri yaygın olarak kullanılmaktadır [16].

802.11g, OFDM tekniğini kullanır. 2.4 GHz, ISM bandında çalışır ve 54 Mbps taşıma kapasitesine sahiptir. 802.11a ile 802.11g farklı frekans kullanmalarına rağmen taşıma kapasiteleri aynıdır. Bunun nedeni ise kullandıkları OFDM tekniğidir [16]. Her ne kadar aynı tekniği kullanmış olsalar dahi farklı frekanslarda olması itibarıyla fiziksel yapıları birbirlerini desteklemez ve aynı ortamda birlikte çalışamazlar. 802.11b ile 802.11g aynı frekansta çalıştıkları için donanımsal yapıları birbirlerini destekler. (Çizelge 5.1.)

Çizelge 3.1 Kablosuz ağ protokolleri ve genel özellikleri

Tarih	Protokol	Frekans Aralığı	Maksimum Hızı	Genel Hızı	Mesafe (Kapalı Alan)	Mesafe (Açık Alan)
1997 Temmuz	802.11	2.4 - 2.5 GHz	2 Mbps	1 Mbps	*	*
1999 Ekim	802.11a	4.8 - 5 GHz	54 Mbps	25 Mbps	~30 metre	~100 metre
1999 Ekim	802.11b	2.4-2.5 GHz	11 Mbps	6 Mbps	~35 metre	~110 metre
2003 Haziran	802.11g	2.4-2.5 GHz	54 Mbps	24 Mbps	~35 metre	~110 metre

3.4. Modülasyon Teknikleri

IEEE 802.x ailesi standartlarında genel olarak DSSS, FHSS ve OFDM modülasyon teknikleri görülmektedir. Modülasyon yöntemi ile kullanıldığı standardın veri oranı, kanal sayısı gibi temel özellikler belirlenmektedir.

3.4.1. Düz Sıralı Dağımk Spektrum

DSSS, 802.11b'de kullanılan modülasyon yöntemidir. IEEE 802.11'de de seçimli olarak kullanılmaktadır. RF sinyalinin geniş bir bant aralığına oturtulması ve bu aralığa yayılmış olan sinyalin alıcı-verici cihazlar tarafından işlenmesi teknolojisidir [6]. DSSS' de her bit, hem verici hem de alıcı tarafından bilinen bir şifreleme koduna eşleştirilir. Bu kod biti simgeler. Her kod, bir sonraki karşıt veriyi temsilen ters

çevrilir. Bu sayede; eğer veri iletimi doğru olarak senkronize edilmiş ise, frekansa kendi hatasını düzeltme imkânı verilmiş olur. Kullanılan ara yüze karşı duyarlılık azaltılmıştır [18]. IEEE 802.11b standardı, 128 bit WEP ile veri iletiminde kodlamayı destekler. Ayrıca; daha önce piyasaya sürülmüş olan IEEE 802.11 standardına geri dönüştürülebilir, yani iki standart arasında çalışma uyumu vardır ve ucuzdur. İstemsiz bir alıcıya, DSSS düşük güçlü, geniş bantlı bir gürültü olarak görünür ve birçok dar bant alıcısı bu gürültüyü reddeder. [6] 802.11b, DSSS ile birlikte 1 Mbps için DBPSK ve 2 Mbps için DQPSK kodlama yöntemlerini kullanılmaktadır. Daha yüksek veri oranlarına, örneğin 5.5 Mbps ve 11 Mbps'e çıkabilmek içinde CCK kullanılmaktadır.

3.4.2. Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum

FHSS, frekans atlamalı dağınık spektrum, IEEE 802.11'de tanımlanmıştır; ancak üreticiler tarafından pek rağbet görmemiştir. FHSS, verici ve alıcı tarafından nasıl değişeceği bilinen bir dar bant taşıyıcı frekansı kullanır. Doğru senkronizasyon sağlandığında net etki mantıksal bir kanalın oluşturulmasıdır [6].

3.4.3. Dikey Frekans Bölüşümlü Çoğullama

OFDM, 802.11a standardında kullanılmakta ve dağınık spektrumun sağladığı tüm getirileri kullanmaktadır; bu getiriler veri aktarım oranı ve kanal sayısıdır. Özellikle kanal sayısı komple bir kablosuz ağ kurulmasında önem kazanır [6]. OFDM'de 20 MHz'lik 8 tane çakışmayan kanal tanımı yapılmıştır; kanalların her biri 52 alt taşıyıcıya bölünmüştür. Sonuç olarak aynı anda yapılabilecek bağımsız aktarım sayısı artmıştır. Her bir alt-taşıyıcı aynı anda yapılabilecek bağımsız aktarma karşılık düşmektedir.

BÖLÜM 4

4. KABLOSUZ AĞLARDA YER BELİRLEME

Kablosuz ağlarda yer belirleme çalışmaları son 20 yıldır genellikle askeri teşviklerle geliştirilmiştir. Ayrıca sivil kullanım için de sayısız çalışma yapılmıştır [19].

Araştırmacılar, yer belirleme işlemleri sırasında gürültünün etkisine ve yer belirleme işleminin verimlilik ve isabetliliğine birçok sistem parametresinin etkisinin önemine dikkat çekmektedir [20]. Fakat kablosuz ağlarda yer belirleme için tek ve en iyi algoritmanın hangisi olduğu yönünde bir oybirliği bulunmamaktadır. Bu, elbette ki çevre koşullarına göre farklılık göstermektedir.

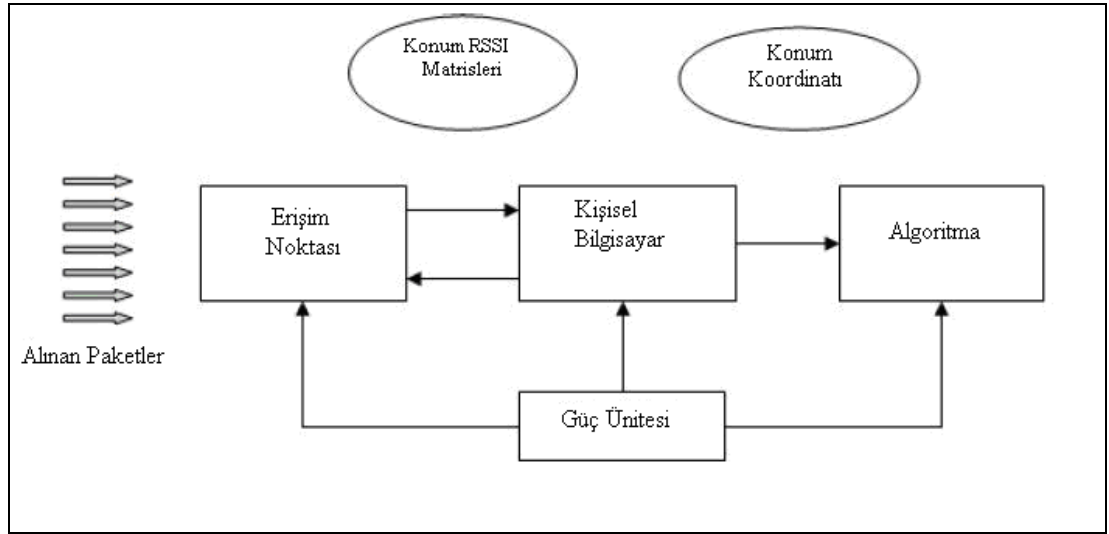
Son birkaç yıl içerisinde araştırmacılar herhangi bir ekstra donanım gerektirmeyen konum belirleme sistemleri üzerinde çalışmaya başladılar. [21] 802.11x'te, WLAN kartı, farklı erişim noktaları arasında dolaşan sinyal şiddetini kullanır. Bu sinyal şiddeti bilgisi uygulama düzeyi için mevcuttur. Başka bir deyişle, 802.11x 'lik bir ağda, sinyal şiddeti bilgilerine dayanan bir konum belirleme sistemi özel herhangi bir donanım gerektirmeden uygulanabilir. Bu veri ağının kullanılabilirliğini arttırması açısından önemlidir. Bir FM alıcısının konumunu belirlemek amacıyla benzer şekilde FM radyo dalgalarına da aynı sistem tatbik edilebilir.

Alıcı frekansı, akustik donanım gibi unsurlar da %300'e kadar mesafe fark ve hatalarına sebep olabilmektedir, sonuç olarak özel bir donanım geliştirilmesinden önce kalibrasyon konuları üzerinde çalışılması konusunda ısrar edilmektedir. Ayrıca farklı tekniklerin başarılı bir algoritma olan Calamari gibi kombinasyonları da yapılmıştır [22]. Mobil donanımların kullanılması üzerine de ayrıca çalışılmıştır.

4.1. Kapalı Alan Konumlandırma Sisteminin Yaygın Bileşenleri

Temel olarak, bir yerel kablosuz konumlandırma sistemi iki ayrı donanım bileşeninden oluşur: genellikle sistem zekâsının büyük kısmını yürüten ölçülebilir ünite ve sinyal verici/alıcı. Bir verici en basit şekilde, bir işaretir. Şekil 4.1. bir konumlandırma sisteminin tam donanım modelini temsil eder.

[23]'de kapalı alanlarda parmak izi yöntemiyle yer belirleme modeli ek bir donanıma ihtiyaç duymadan var olan kablosuz iletişim altyapısını kullanarak yer belirleme algoritmaları üretmektedir.



Şekil 4.1. Donanım modülünü temsil eden diyagram

İlk olarak, konum algılayan araçlar bilinen referans noktalarında radyo algılama teknolojileri kullanarak iletilen veya kaydedilen sinyalleri bulur. Algılama tekniği, alınan sinyali RSS'e çeviren sinyal güç seviyesine dayanır. Referans noktalar kümesi verilerek, MS in ilgili pozisyonu RSS'in sinyal karakterinden elde edilebilir. Bir konum için sinyal karakteri tekildir. Algoritma çalıştırılır, nesnenin pozisyonunu tahmin edilir.

4.2. Kapalı Alan Konumlandırma Sistemini Sınıflandırma

Kapalı konumlandırma sistemi, belirli uygulamalarda ve ölçme prensibinde kullanılan uyarana dayalı olarak sınıflandırılabilir.

4.2.1. Uyarana Bağlı Sınıflandırma

Bir uygulamada kullanılan, uyarana dayalı sinyalden, mutlaka karakteristikler ve kısıtlamalar kalır. Tüm sinyal tiplerini etkileyen sinyal karakteristiği yayılım gecikmesi, kırılma, yansıma ve saçılmadır. Etkili aralık, kullanılabilir bant genişliği, düzenleyici kısıtlar, girişim, güç kısıtları, güvenilirlik ve maliyet teknoloji sınırlamalarıdır. Kızılötesi, radyo frekansı ve ses ötesi kapalı alan konumlandırma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan kablosuz sinyallerdir. Bu üç ana teknolojinin kısa tanımları şu şekildedir:

4.2.1.1. Kızılötesi

Kızılötesi sinyal görülebilen ışığın dalga uzunluğundan uzun ancak radyo dalgasının dalga uzunluğundan kısa olan elektromanyetik sinyaldir. Kızılötesi, frekans olarak ışığın görülebilen spektrumunun hemen aşağısında ve sıcak gövdeler tarafından güçlü bir şekilde yayılır. İnsan, araç motoru, uçak gibi birçok obje ısı üretir ve muhafaza eder ve bu şekilde arka plandaki objelere kıyasla ışığın kızılötesi dalga boyunda özellikle görülebilirler [24]. Kızılötesi, duvardan ve engellerden geçemez. Isı detektörleri ile tespit edilenler en uzun dalga boyu olanlarıdır. Yaklaşık olarak, dalga boyları 0,8 mikron ile 1000 mikron arasındadır. Bu yüzden kapalı çevrelerde oldukça kısıtlı bir sahası vardır. Kapalı alanda aydınlanma bu tür sinyale engel olur ve doğru algılamada problem oluşturur. Genellikle 5 metre civarında bir

sahası vardır. Ses üstü cihazlarıyla karşılaştırıldığında kızılötesi cihazları boyutça genellikle daha küçüktür. Kızıl ötesi, günümüzde pek çok televizyon, video gibi elektronik cihazların uzaktan kumandası ile cihaz arasındaki iletişimi sağlamakta kullanılmaktadır [25]. Bu kızıl ötesi alıcı ve vericiler 36-40 Khz arasında bir frekansla çalışırlar. Tek bir alıcı-verici çifti olduğundan iletim tek yönlüdür. Kızıl ötesi alıcı-verici arasında engel olmadığı tek katlı kapalı alanlarda kullanılabilir.

4.2.1.2. Radyo Frekansı

Radyo frekansı teknolojisi, sırası ile veriyi iletmek ve almak için yapılandırılmış verici ve alıcı devreleri ile verilen frekans değerlerine göre çalışır. Verici gücü ve alıcı duyarlılığı ne kadar mesafede haberleşmenin sağlanabileceğini belirler. Kısa menzilli haberleşme sistemleri genellikle düşük güce gereksinim duyar. Böylece kısa-menzil için tasarlanmış olan teknolojiler, taşınabilir küçük cihazlar için uygulanabilir [26].

Kızılötesi teknolojisi gibi teknolojilerde birçok cisim haberleşmeye engel olmaktadır, RF teknolojisinde genel olarak bu sorunla karşılaşılmaz. RF teknolojisinde, verici ve alıcı devrelerinin veri alışverişini sağlamak için her hangi bir görüş hattına gereksinim duymazlar. RF sinyali, birçok bina materyalinin içine sızabilir. Bu yüzden kapalı çevrelerde mükemmel bir sahası vardır. RF çok katlı yapılarda, kapalı ve açık alanlarda kullanılabilir [3].

RF teknolojisi, belirli bir frekans spektrumunda bilgilerin kodlanması ve alıcının bu verileri belirli bir frekans değerinde alabilmesi için frekans modülasyonu kullanılır. Örneğin; fm radyo yayını 88-108 Mhz spektrumunda, bazı cep telefonları 900-1800 Mhz spektrumunda, mavi diş kablosuz haberleşme teknolojisi ve diğer teknolojiler 2.4 GHz frekans spektrumunda çalışırlar [4]. Çünkü kullanılabilir radyo frekans alanı sınırlıdır, birçok devlet frekans spektrumunun kullanımını belirli sınırlamalarla

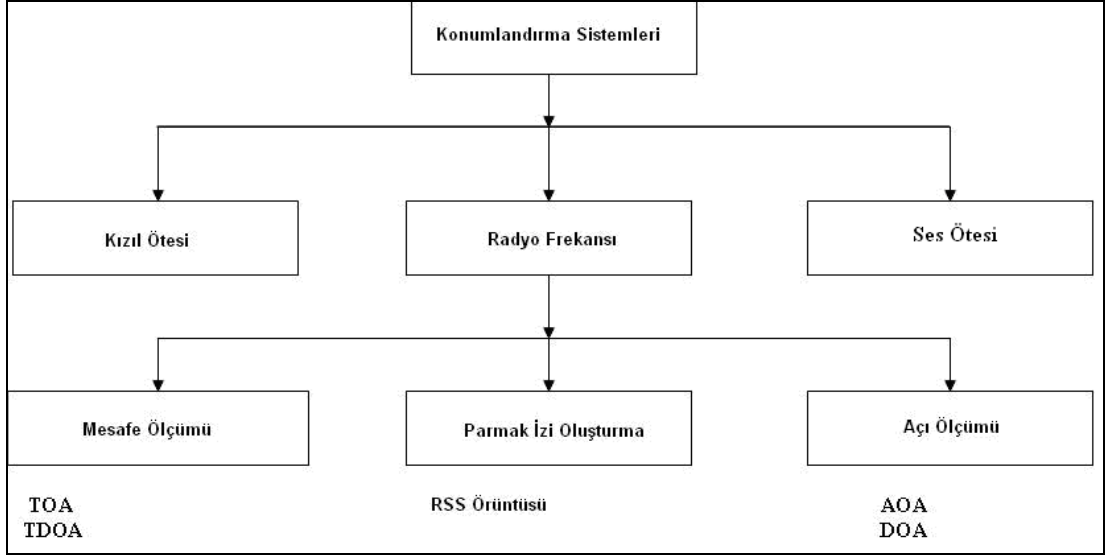
düzenlemektedir. Bu düzenlemeler frekans spektrumunun kısımlara ayrılması belirli güç seviyelerinde çalışan iletim frekanslarına lisans verilmesi konusundadır. Örneğin, ABD'de düşük güç seviyeleri hariç fm radyo frekansı spektrumunda iletim için gerekli olan federal lisans, mesafeyi 30 metreden fazla olmamak kaydıyla sınırlamıştır. Bazı frekans değerleri belirli durumlarda lisansız kullanım için ayrılmıştır.

4.2.1.3. Ses Ötesi

Ses Ötesi, düşük frekans bantlarında çalışmasına rağmen diğer iki sinyal teknolojisi ile karşılaştırınca, sesin yavaş yayılma hızında konum algılama için iyi bir duyarlılığa sahiptir. Sesin iletilmesi için bir ortam (madde) gereklidir [3]. Sesin yayılımı, bir yerden başka bir yere enerji taşınması şeklindedir. Ses dalgalarının yayılma hızı, ortamın yoğunluğuna bağlıdır. Ses ötesi cihazlarının avantajları basitlikleri ve masraflarının az olmasıdır. Ses ötesi duvarlardan geçemez ancak birçok iç engelden yansır. 3 ila 10 metre arasında kısa bir sahası vardır, 1 cm uzaklık ölçüsü çözünürlüğüne sahiptir. Çalışma sıcaklığı ses ötesinin performansını etkiler. Ses ötesinin sahası sınırlı olduğu için tek katlı küçük yapılarda kullanılabilir.

4.2.2. Ölçme Prensibine Dayalı Sınıflandırma

Kablosuz konumlandırma sistemleri, hareketli birimlerin yerini tahmin etmek için kullandıkları ölçüm yöntemlerine göre sınıflandırılabilirler. Günümüzde temel olarak üç ölçüm tekniği kullanılır: AOA, RSS ve yayılma zamanı tabanlı sistemler. Yayılma zamanı tabanlı sistemler ise kendi içerisinde, TOA ve TDOA olarak, ikiye ayrılabilir. (Şekil 4.2), bu sistemlerin kullanılan tekniklere ve sahip oldukları teknolojilere göre sınıflandırılmasını göstermektedir.

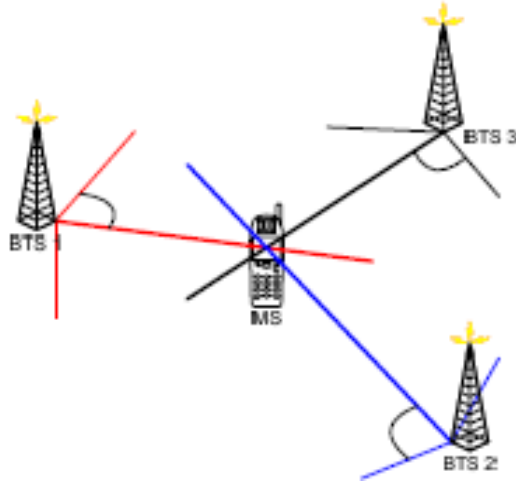


Şekil 4.2. Konumlandırma sistemlerinin sınıflandırılması

4.2.2.1. Varış Açısı

Varış açısı yöntemi, yönlü anten ya da anten diziliminden faydalanarak, bilinen konumlara yerleştirilen noktaların açıları ve duruşları ölçülür. Her biri bir BTS'den çıkan ve sinyal yönlerinden belirlenen yönlü iki doğrunun kesişim noktası mobil cihazın konumunu verir. Bu yöntem temelde mobil cihazın konumunu üçgenleme metodu kullanarak belirler. Bu yöntem, mobil cihazın en az bir çift istasyona sahip olmasını gerektirir [27]. Eğer elde veri mevcutsa birden fazla sayıda istasyonu çifti de kullanılabilir. Ayrıca AOA'da konum tahmininin yüksek doğrulukta olması için BTS'lerin görüş hattında olması gerekmektedir.

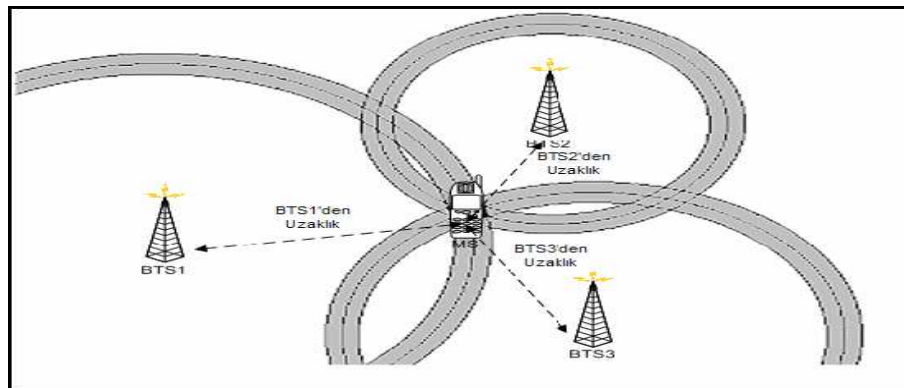
Bu yaklaşımla elde edilen sonuçların kesinliği, kullanılan ölçüm cihazlarının yön seçiciliği ve farklı yönlerden gelen çok yönlü yansımalara bağlıdır [28]. AOA metodu, bir radyo frekansının antene hangi açıyla geldiğini öncelikle tespit etmektedir. (Şekil 4.3.)



Şekil 4.3. AOA' nın çalışma prensibi

4.2.2.2. Varış Zamanı

[29] Varış zamanı metodunda, etrafta algılanan bütün istasyonlarının mobil cihazdan gelecek özel bir sinyali dinlemesini gerektirir. Bir istasyon bu sinyali aldığı anda, zaman bilgisini kaydeder ve bunu ağdaki özel bir sunucu bilgisayara gönderir. Bu şekilde sunucu bilgisayarda toplanan birçok istasyonundan gelen bilgi birbirleriyle karşılaştırılır ve elde mevcut olan istasyonu konum bilgileriyle harmanlanarak mobil cihazın konumu belirlenir [29] (Şekil 4.4.).



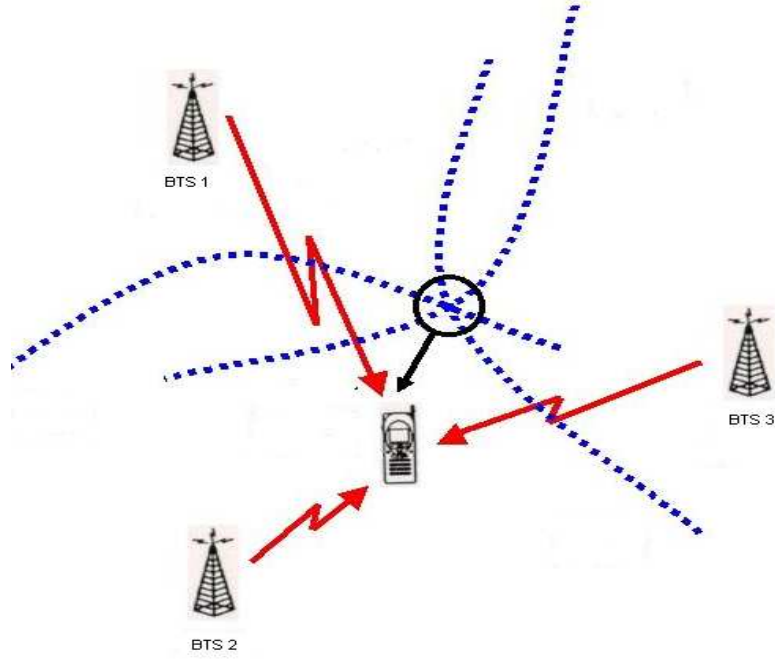
Şekil 4.4. TOA' nın çalışma prensibi

Sinyallerin bulunacak istasyona varış zamanları arasındaki fark kullanılarak yine AOA metodunda olduğu gibi basit bir üçgenleme metoduyla konum tespiti yapılabilir [27].

TOA işlemindeki temel sorun saat senkronizasyonlarının tam olarak yapılamama ihtimalinin yüksek olmasıdır. Çünkü bu işlem nanosaniye ölçülerinde yapılmakta ve ufak oynamalar bile yer belirlemede büyük hata paylarına sebep olabilmektedir. Bu yöntem için şebekeye LMU adı verilen donanımlardan kurulmalıdır. Bunların sayısı mevcut her baz istasyonu için bir tane veya her iki baz istasyonu için bir tanedir.

4.2.2.3. Varış Zaman Farkı

Varış zaman farkı metodunda, üç farklı istasyona gönderilen sinyallerin zaman farklarının hiperbolik fonksiyonları kullanılarak, üçgenleme yapılarak, bulunacak nesnenin pozisyonu hesaplanabilmektedir. TDOA metodu bina içlerinde konum takibi konusunda pratikte çok etkili olmasa da açık alanlarda daha isabetli sonuçlar elde etmektedir [27]. RSSI yönteminden sonra en fazla tercih edilen yöntemdir.



Şekil 4.5. TDOA' nın çalışma prensibi

TOA ve TDOA tekniklerinin temeli, alıcı ve verici arasındaki mesafeyi hesaplarken TOF ve sinyal yayılım gecikmesi tekniklerinin kullanılabilmesi için, alıcı ve verici taraf arasındaki zamanlamanın kesinliğine dayanır. Yine aynı sebeplerden, senkronizasyon kesinliği de bu tür sistemler için büyük önem arz eder. Üç ayrı referans noktadan alınan üç ayrı uzaklık bilgisi kullanılarak, mobil istasyonun konumunun belirlenmesi için üçgenlere bölme yöntemlerinden faydalanılabilir. Bu tür bir teknik iletişim sisteminde yüksek doğrulukta saat gerektirecektir. TDOA bu tekniğe göre daha kullanışlıdır.

4.2.2.4. Uçuş Zamanı

Uçuş zamanı (TOF), metodunda ek donanıma gerek olmamakla birlikte saat senkronizasyonu hepsinden daha önemlidir. Gönderilen bir sinyalin havada geçirdiği

zamanlar kullanılarak yapılan üçgenleme işlemiyle konum takibi yapılabilmektedir [33].

Bu sistemler kapalı alanlar açısından büyük bir potansiyele sahip olmalarına karşın, kapalı alandaki etkinlikleri RF sinyalinin maruz kaldığı çoklu yansımalarından dolayı TOA ya da AOA' nın hatalı tahminine sebep olmaktadır.

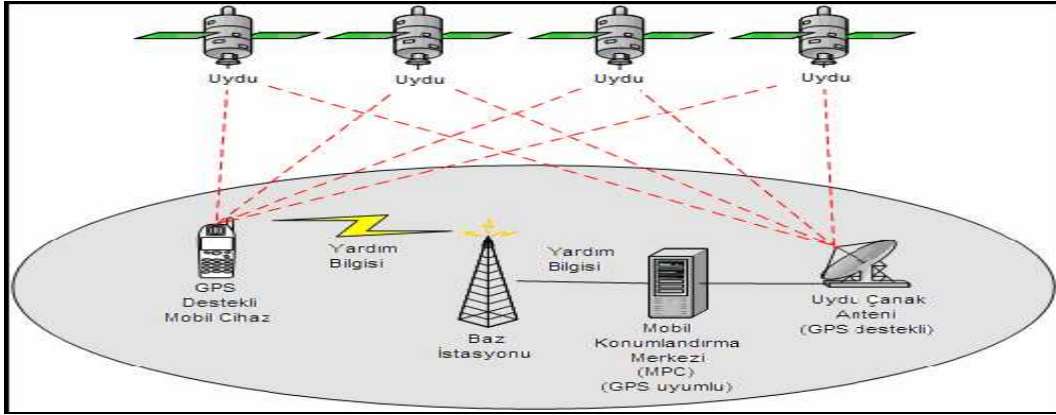
Uçuş süresine göre konum belirleyen sistemlere örnek olarak GPS, Active Bats ve Cricket verilebilir. Gecikme süresini temel alan bu sistemlerin dışında, alıcı ve verici arasındaki mesafenin hesaplanmasında, sinyal gücünde meydana gelen kayıplar ve direkt mesafe ölçüm teknikleri de kullanılabilir [30-32].

4.2.3. Küresel Yer Belirleme Sistemi

Küresel yer belirleme sistemiyle, mobil cihaz pozisyonunu bulmak için mobil cihaz üzerinde yerleşik bir GPS alıcısı bulunması gerekmektedir. Bu sistem, ABD Savunma Bakanlığı'na ait, yörüngede sürekli olarak dönen 27 uydudan gelen sinyaller kullanır. Konum belirleme de düşeyde ve yatayda 10 metre'den daha iyi doğrulukla gerçekleştirebilir [32]. Konumlanmanın gerçekleşebilmesi için bir GPS terminalinin dört veya daha fazla uyduyu görüyor olmalısı gerekir. Bu uydular, sinyallerinin geliş zamanı kullanılarak alıcının konumu hesaplanır. Uyduların her biri, iki değişik frekansta ve düşük güçlü radyo sinyalleri yayınlamaktadır. Sivil GPS alıcıları L1 frekansını (UHF bandında 1575,42 Mhz), ABD Savunma bölümü alıcıları L2 (1227,60 Mhz) frekansını dinlemektedirler. Bu sinyal görüş hattında ilerler.

Bir GPS alıcısı çalıştırıldığında, kesin zaman ve konum bilgisine sahip değildir. Bu nedenle GPS alıcısının konumunu belirlemesi belli bir gecikmeyle gerçekleşir [34]. GPS alıcısında ayrıntılı konum bilgisinin elde edilmesinde yaşanan bu gecikme

sorununu çözmek için GPS yardımcı sistem kullanılmaktadır. GPS uyduları tarafından gönderilen elektromanyetik dalgalar atmosferden geçerken bükülmeye uğrar. L1 ve L2 bantları farklı dalga boylarına sahip olduğundan farklı oranda bükülmeye uğradığından aradaki farklılık hesaplanarak atmosferik bozulma engellenerek çok daha hassas bir yer bilgisi hesaplanabilir. Sadece L1 bandı kullanılarak 98 metre hassasiyet elde edilebilirken, L1 ve L2 bantlarının ortak kullanımı ile 1 metrenin altında hassasiyete ulaşmak mümkün olmaktadır. Küresel yer belirleme sistemi, açık alanlarda ve genel olarak bina dışı durumlarda yüksek başarıma sahip olsa da bina içi ve yüksek yoğunluktaki yerleşim alanlarında GPS uydusuyla bağlantı kurulumundaki zorluklar nedeniyle sorunludur. GPS' in uydu sinyalleri çok düşük güçtedirler. L1 sinyalinin gücü 20-50 watt arasındadır. Bu yüzden GPS uydularından temiz sinyal alabilmek için açık bir görüş alanı gereklidir. (Şekil 4.6.)



Şekil 4.6. GPS destekli yer tahmini

4.3. RSSI Kullanarak Kapalı Alan Yerel Konumlandırma

Bu bölümde, RF tabanlı, sabit veya hareketli kullanıcılar için geliştirilmiş, kapalı alan konumlama sistemleri üzerinde durulmaktadır. IEEE 802.11x kullanılarak,

WLAN sisteminin son yıllarda gerçekleştirdiği hızlı büyüme, parmak izi konumlandırma yönteminin geleceğinin oldukça parlak olacağının bir göstergesidir. Bu sistemin oldukça esnek olmasının temel sebebi, tasarımcının istemesi halinde merkezi bir konumlandırma sunucusu kullanılması seçeneğinin yanı sıra, her uç birimin kendi konumunu belirlemesi seçeneğini de sunmasıdır. Buna karşın sistemin etkin kullanılması için, sistem üzerindeki her uç birimin konumuyla ilgili parmak izi verilerinin toplanması gerekmektedir. Sistem ancak bundan sonra düzgün bir şekilde çalıştırılabilmektedir [35].

Metnin ilerleyen kısımları konumlandırma sistemi bileşenlerine göre bölümlendirilmiştir. İlk kısımda parmak izi konum belirleme sistemi ve bunun fiziksel konumlarla ilişkilendirilmesi açıklanmış, son olarak ise konum tahmin algoritması üzerine durulmuştur.

Parmak izi çıkarımı ya da konum örüntüsü eşleştirmesi olarak bilinen yöntemler, RSS ve bazı diğer geometrik olmayan ölçümlerin, sistem üzerindeki çeşitli noktalar üzerinde gerçekleştirilmesi ve bunların bir veri tabanı altında toplanmasını gerektirir. Hareket halindeki konumun tespit edilmesi için, bu sistemler, öncelikle belirli noktalardan gelen sinyal şiddetlerini ölçer ve daha sonra bu değerlere en yakın verileri bulmak için parmak izi veri tabanında bir arama yapar. Bu yöntemde, herhangi bir istasyonun diğer üç istasyonu ya da erişim noktasını görmesine gerek yoktur. Bu tekniğin kullanımının yol açtığı en büyük sorun, çok miktarda zamana mal olması ve konumlandırma bilgilerinin saklanması için çok büyük miktarda alana ihtiyaç duyulmasıdır. Bu durum özellikle açık alan konumlandırma sistemleri gibi büyük ağlarda kendini göstermektedir.

Parmak izi yöntemi, AOA ve TDOA gibi tekniklere göre göreceli olarak daha basit bir yoldur. Parmak izine dayalı yer belirleme sistemlerinde iki ana katman vardır. Bunlardan bir tanesi saha incelemesi denilen ve çevredeki erişim noktalarından elde edilen sinyal güçlerinin toplanmasını, bu sinyal güçlerinin konumla eşleştirilmesini

sağlayan bir yazılım aracılığıyla gerçekleştirilen aşamadır. Saha tarama sayesinde, toplanan veri tablolarında veya veri tabanlarında saklanabilir. Bir noktadaki alınan sinyal gücünün değerinin oluşturduğu vektör o noktanın parmak izi olarak adlandırılır.

4.3.1. Parmak İzi Yöntemi

RSS gibi, RF karakteristikleri üzerine kurulu bir konum parmak izi, özel bir konumu temsil eder. Her parmak izi, bina içerisindeki her konumun kendine özel bir RF imzasına sahip olduğu varsayımından yola çıkarak yaratılır [36]. Genelde her parmak izi (F) bir konum bilgisi (L) ile etiketlenir. Konum parmak izleri ve onların etiketleri bir veri tabanı içerisinde saklanır ve sistem çalışır durumdayken (çevrimiçi faz) konum belirlemelerinde kullanılır. Etiket ve parmak izi genel olarak (L, F) ikilisi olarak sembolize edilir. Battiti et al [37], konum bilgisi L'nin kapalı alanlarda, koordinat ikilileri veya gösterge değişkeni şeklinde iki ayrı biçimde ifade edilebileceğini ortaya koymuştur. Gerçek koordinat ikilileri, üç boyut uzayını ve küresel koordinatlarda iki değişkenini kapsayacak şekilde, bir boyuttan beş boyuta kadar çeşitlilik gösterebilir. Örneğin, iki boyutlu bir sistemde pozisyon bilgisi,

$$L = \{(x, y, d) \mid x, y \in \mathbb{R}^2, d \in \{\text{Kuzey, Doğu, Güney, Batı}\}\} \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Bir erişim noktasında gözlemlenen konumun göstergesi olarak işaret gürültü oranı (SNR) değerlendirilir. RSS'in konuma bağımlılığı SNR'dan daha fazladır, bu duruma doğal ortamda gürültünün çok daha fazla olması yol açmıştır. Ancak RSS her erişim noktası ve konum için zamanla değişkenlik göstermektedir. Her bir RSS bileşeni, rasgele bir değişken olarak kabul edilebilir. Bu yüzden, elde edilmesi için, statik verilerin kaydedilmesi, dağılımı üzerinden bir yaklaşıma gidilmesi ya da tüm ölçümlerin kaydedilmesi gerekir. Bu yaklaşımların her biri, konum tahmin algoritmalarının farklı yordamlar üzerinden işlemesine yol açar. Konum tabanlı servis bölgelerinde, konum parmak izi verileri genel olarak bir dizi ya da herhangi bir noktadan elde edilen sinyal gücü vektörü olarak kaydedilir. Bu vektörün boyutuna, erişilebilen erişim noktalarının sayısı üzerinden karar verilir.

Temel bir parmak izi oluşturmak için, birkaç sinyal gücü vektörü, belirli bir zaman dilimi içerisinde toplanır. Bu temel parmak izine ilk örnek adı verilir. Daha sonra her erişim noktalarının ortalama RSS değerleri hesaplanarak, konum parmak izinde bir eleman olarak kaydedilir. N adet erişim noktası üzerinden sinyal algılayabilen bir alan için konum parmak izi, RSS bileşenlerinin ortalama vektörü β_1 olarak $F = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N)_T$ şeklinde ifade edilebilir.

Temel konum parmak izi dışında, çevrimiçi durumdayken hesaplanan konum parmak izi verileri de hareketli objenin yerinin saptanması adına önem arz eder. Konum parmak izini temsil eden örnek verilerinin sayısı, mobil uygulamalar için uygun olarak seçilmelidir. Ön-süreç adı verilen istatistiksel analiz yöntemi de üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Çünkü bu yöntem, konum parmak izi ve konum bilgisi arasındaki ilişkinin tahmin edilmesini doğrudan etkileyebilir. Ön-süreç, işlenmemiş verinin, sonraki işlemlere geçilmeden önce arındırılmasını temsil eder. Bu arındırma işlemi, şifreleme, boyut olarak azalma (gereksiz bileşenlerin atılması), özellik eklenmesi ya da çıkartılması, gruplama ve aykırı değerlerin arındırılması gibi basamakları kapsamaktadır. Roos et al [38], ön-süreç işleminin, konumun tahmin edilmesinde hız kazandırdığını ve üzerinde çalışılan verinin içerdiği paraziti azalttığını vurgulamıştır. Yukarıda anlatılan, konum parmak izi çıkarımı yönteminin temelleri aynı zamanda ön-süreç işleminin bir parçası olarak kabul edilebilir.

4.4. Konum Tahmin Algoritması

Oldukça uzun bir süredir konumlandırma sistemleri geliştirilmesine rağmen, teorik ve uygulama bazında bir takım eksiklikler vardır. Literatürdeki daha önceki araştırmalar genellikle ölçme ve sonuçları analiz üzerine odaklanmıştır. Yeni gelişmeler, konumlandırma tahmininde kullanılan algoritmaları vurgulamaktadır. Konum tahmin veya konumlandırma algoritmaları, konum bilgisi ve konum parmak izi tabanı arasındaki ilişkiden faydalanarak, RSS sinyal örneklerini konum

belirlemek için kullanan algoritmalarıdır. Konum algoritmaları, konum bilgileri ve konum parmak izlerine yaklaşım şekillerine göre, rasgele olmayan yaklaşımlar ve olasılıksal yaklaşımlar olarak iki sınıfa ayrılabilir. Rasgele olmayan tipteki algoritmalar, en yakın komşu belirleyicileri ve sinir ağıları belirleyicileri üzerine kuruludur. Olasılıksal tipteki algoritmalar ise, Bayes çıkarılması ve istatistiksel öğrenme teorisi üzerine kuruludur.

Yeni gelişmeler konumlandırma tahmininde kullanılan algoritmaları vurgulamaktadır. Fakat, bu sistemlerin nasıl bir performans göstereceği, nasıl tasarlanacağı ve tasarımını nelerin etkileyeceği konusunda bir eksiklik vardır. Örneğin, 10m civarında büyük bir ızgara seçmek taneselliği 10m'ye düşürmektedir. Fakat, daha küçük aralıklı bir ızgara seçmek belki taneselliği ya da hatasızlığı artırabilir, ancak kesinliği ve izlerin doğru eşleşme olasılığını artırmaz. Çünkü ızgara üzerindeki yakın iki nokta birbirinin aynısı olabilir ve aynı zamanda daha zahmetli bir saha incelemesi gerektirebilir. Frekans yayılma koşullarından dolayı belli siteler daha büyük tanecikli ızgaralara göre daha toleranslı olabilir.

Birçok kızıl ötesi sistem ortaya konmuştur. Kimlik kartı sistemlerinde, bir kişi tarafından takılan bu kimlik benzersiz bir IR sinyali yayar. Sabit IR alıcıları bu sinyali alarak mevki idare programına iletir. Odanın duvarları, IR sinyallerini bloke ettiği için, odada bulunan kullanıcının yeri net olarak tespit edilir. Belirli noktalarda tavana ışıklı IR vericileri yerleştirilir. Tepeye yerleştirilen optik alıcılar bu ışıkları kaydeder. Böylelikle sistem programı kullanıcının yerini belirler [39]. IR bazlı bu tekniklerin bazı eksiklikleri söz konusudur:

- IR'nin ulaşım alanının darlığı açısından ölçekleme açısından zayıftır.
- Yerleştirme ve bakım konularında yüksek maliyetleri vardır.
- Direk güneş ışığı alan yerlerde, verimli performans gösteremezler.

RADAR sistemi, bilinen işaret noktalarına olan uzaklığı belirlemek için, RSSI kullanılmaktadır. Çevrimiçi safhada bir takım sinyal güçleri dikkate alınarak merkezi bir sinyal gücü deposu oluşturulur. Çevrimdışı safha boyunca depodaki verilerden göndericinin RSSI'sine en uygun olanı konumu elde etmek için kullanılmaktadır. RADAR, birkaç metre içindeki mobil kullanıcıların konumlarını kestirebilmektedir. RADAR, ilgilenilen alanda birbiri üzerine gelen kapsama alanları sağlayacak şekilde yerleştirilmiş, birden çok baz istasyonunun sinyal gücünü işleyip kaydederek çalışmaktadır [39]. Bu çalışmada, deneysel ölçümlerle, sinyal iletim modellemesi birleştirilerek, kullanıcının konumu tespit edebilmesi sağlanmış ve konuma duyarlı hizmet ve uygulamalarına imkân tanınmıştır.

[40]'da sunulan TMI sistemi üçgenleme, eşleme ve ara değerlendirme (interpolasyon) üzerine kuruludur. TMI tekniğinde, bölgedeki tüm erişim noktalarının fiziksel pozisyonlarının bilinmesi gerekmektedir ve mesafelere sinyal şiddetinin eşlenmesi için bir fonksiyon gerekir. Kullanıcı konumunu belirleme safhasında, kullanıcının sinyal alanı konumunu ortaya çıkarmak için deneme verilerinden elde edilen ortalama fonksiyon kontür elde etmek için kullanılır ve farklı kontürler arasındaki kesişim hesaplanır. Sinyal alanı ve fiziksel alan arasındaki en yakın en yakın eşleştirme sinyal alan pozisyonuna yakınlık üzerine kurulu bir ortalamanın tatbiki ile bulunur.

Ses ötesi sistemlere örnek olarak; Active Bat sistemi [32], Cricket sistemi [31] ve Dolphin [41] sistemidir. Active Bat sisteminde, kısa bir ses ötesi titreşim yerel bir kontrol birimi tarafından gönderilen RF talebine karşılık olarak yayılır. Yerel kontrol mekanizması talep paketiyle eş zamanlı olarak kabloluşuz ağı aracılığıyla tavandaki alıcılara senkronize bir sıfırlama (reset) sinyali yollar. Sistem titreşimin tavana yerleştirilen alıcılara ne kadar sürede ulaştığını ölçer. Sesin havadaki hızı, Bat ile her alıcının arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanılır. Yerel kontrol birimi bu mesafeleri konum belirleme ölçümlerini gerçekleştiren merkezi bir kontrol birimine

iletir. Ölçeklendirme değerinin olmaması ve yerleştirme güçlükleri bu yaklaşımın dezavantajları arasında yer almaktadır.

Cricket konum destek sistemi [31], RF ve ses ötesi teknolojilerinin birleşimini kullanarak kullanıcılara ve uygulamalara konum destek hizmeti sağlar. Duvara ve tavana yerleştirilen ışıklar bütün binaya yayılarak 418 MHz Am bandı üzerinden yayılan RF sinyali ile ilgili bilgileri kaydeder. Her RF yayımında ışık eşzamanlı bir ses ötesi titreşim yayar. Aygıtlara ve mobillere takılan dinleyiciler RF sinyallerini tespit edecek şekilde ayarlanırlar ve ilk bitler geldiğinde buna karşılık gelen ses ötesi titreşimi beklerler. Bu titreşim geldiğinde buna karşı düşen uyarı ışığı için bir uzaklık tahmini yapılır. Dinleyiciler RF ve ses ötesi örnekleri için en yüksek olasılık tahminlerini tarayarak en uygun çifti seçerler. Bu sistemin dezavantajları arasında merkezi bir yönetimin ve izlemenin olmayışı ve sistemin pahalı olması yer alır.

[41]'de sunulan Dolphin sistemi eş zamanlı erişimi sağlamak için geniş spektrumlu bir sinyal sistemi kullanır ve yukarıda bahsi geçen dar bant tekniklere nazaran gürültülü ortamlarda daha iyi bir performans sağlar.

[42]'de ise fiziksel alanın dijital formu ve RSSI değerlerinin birleştirmesiyle istatistiki bir model oluşturulmuştur. Bu modelin belirlenmesinde istatistiksel modelleme yöntemlerinden herhangi biri kullanılabilir.

[43]'de EPE ve TDOA kullanılarak bir çözüm üretilmiştir. EPE saha incelemesi yapıldıktan sonra RSSI tabanlı olarak pozisyon tespit eden bir çözümdür ve bu çözümün pozisyon tespitindeki kesinliği sınırlıdır. Bu alışmada, EPE, TDOA ile birleştirilmiştir. Fakat TDOA metodunda akustik radyo sinyali kullanılmıştır. Bunun nedeni 4kHz'lik akustik sinyalde dalga boyu daha büyük olduğu için hesaplama hataları ve dolayısıyla maliyetleri daha kk olmuştur.

[44]'da parmak izi sonucu elde edilen örnekler ve öklid mesafesi kullanılarak nasıl pozisyon tespiti yapılacağı anlatılmıştır. Bu yöntemin en basit yöntem olduğu belirtilmiş fakat örnek sayısı ile birlikte hesaplamaların artacağı belirtilmiştir. Bunun için az örnek kullanılarak ağırlıklı bir hesaplama yapılabileceği belirtilmiştir

4.4.1. Öklid Uzaklığı Metodu

Öklid uzaklığı metodu, belirleyici bir konum tahmin yöntemidir, çünkü sadece, ortalama vektörleri de içeren, bir dizi sabit konum parmak izine ihtiyaç duyar. Konum belirlenirken, bir tür ayırıcı fonksiyon kullanılır ve RSS parmak izi, konum bilgisine dönüştürülür. Ortalama RSS vektörü, her konum parmak izinin sınıfını da temsil eden bir kütle merkezidir. Her bir konum parmak izi kümesinin $\{F_1, F_2 \dots F_N\}$ ile temsil edildiğini ve her parmak izinin konum kümesi $\{L_1, L_2 \dots L_N\}$ elemanlarıyla birebir eşlendiğini kabul edelim. Çalışma sırasında ölçülen, küçük bir örneklemeden alınan ve ortalama RSS vektörü olan, örnek bir RSS parmak izini ise S ile gösterelim. Kapalı alan konumlandırma sisteminin N adet erişim noktasından elde edilen konum parmak izlerini dikkate aldığımızı varsayarak, RSS vektör örneği

$S = (s_1, s_2, \dots, s_N)_T$ olarak ve veri tabanındaki her "i" konum parmak izi ise $F_i = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N)_T$ olarak ifade edilir. En basit yakınlık ölçümü, işaret uzayında $\text{Dist}(\cdot)$ fonksiyonu ile gösterilir. Tüm bunlar dikkate alınırsa, en basit yakın komşu belirleme algoritması, kısaca en kısa işaret mesafesine sahip olan "j" parmak izini seçmek olarak ifade edilir: $\text{Dist}(S, F_j) \leq \text{Dist}(S, F_k)$, her $k \neq j$ için [26].

Bu uzaklıklar kullanılarak genel bir yer tahmini yapılabilmektedir. Buna rağmen sinyal uzayındaki noktalar arasındaki uzaklık, fiziksel uzaklıkla birebir aynı olmadığından çok tutarlı bir yer belirleme sağlanamamaktadır.

Bu yöntemde, elde edilen veriler üzerinde çok büyük farklara sebep olabilecek, çevresel etmenler de oldukça fazladır. Örneğin kullanıcının varlığı ve hareketleri

bunlar arasında gösterilebilir. Kullanıcının hareketleri, örneğin, diz üstü bilgisayarın yerinin değiştirilmesi veya açısının değiştirilmesi kısa süreli olsa bile alınan sinyalde büyük dalgalanmalara sebep olabilmektedir. Bir diğeri ise, mobil istasyonların hareketinden kaynaklanan büyük dereceli dalgalanmadır. Alınan sinyal değerlerinin bir WLAN kartından diğere değişiklik göstermesi ise bir diğere faktördür [35].

4.4.2. Bulanık Kümeleme

Veri kümeleme, karşılaştırılacak veri elemanına bakılarak benzer verileri olabildiğince aynı veya yakın gruplara, farklı verileri de olabildiğince farklı ve uzak gruplara yerleştirme yöntemidir [45]. Verinin yapısına ve görevine göre çok farklı verilerde aynı grup içerisine yerleştirilebilir ancak bu durumda gruplandırmanın hangi veri türüne göre yapıldığı önemli hale gelmektedir. Sabit kümeleme, adı verilen yöntemde veriler birbirinden tamamen ayrılmaktadır ve her bir veri, bir küme haline getirilmektedir.

Bulanık kümeleme yönteminde ise, veriler gruplara üyelik seviyeleri atanarak birden fazla gruba yerleştirilebilmektedirler. Buna göre bu seviye arttıkça gruba veri arasındaki ilişkide o kadar güçlüdür. Bulanık kümeleme genel olarak üyelik seviyeleri atayıp onları bir veya daha fazla gruba dağıtma işlemidir [46]. En önde gelen bulanık kümeleme algoritmaları k-means ve c-means'tir. Bütün teknikler merkez noktanın kümeyi temsil etmesi esasına dayanır. Bölünmeli yöntemler, hem uygulanabilirliğinin kolay hem de verimli olması nedeniyle iyi sonuçlar üretirler.

Bulanık c-means (FCM) algoritması, bulanık bölünmeli kümeleme tekniklerinden en iyi bilinen ve yaygın kullanılan yöntemdir. Bulanık c-means algoritması 1973 yılında Dunn tarafından ortaya atılmış ve 1981' de Bezdek tarafından geliştirilmiştir. Bulanık c-means metodu, nesnelere iki veya daha fazla kümeyle ait olabilmesine izin verir [46].

Bulanık mantık prensibi gereği her veri, kümelerin her birine $[0,1]$ arasında değişen birer üyelik değeri ile aittir. Bir verinin tüm sınıflara olan üyelik değerleri toplamı “1” olmalıdır. Nesne hangi küme merkezine yakın ise o kümeye ait olma üyeliği diğer kümelere ait olma üyeliğinden daha büyük olacaktır [47]. Amaç fonksiyonun belirlenen en düşük ilerleme değerine yakınsaklaşmasıyla kümeleme işlemi tamamlanır.

4.5. Filtreleme

Filtrelemede kullanılan birçok algorithmadan bir tanesi, Kalman filtresidir. Aslında özü itibariyle Kalman filtresi istenmeyen ölçümlerin atılmasını sağlayan bir filtreden çok bir hesaplama aracıdır. Alınan verilerin düzensizliğini ortadan kaldırma ya da en azından olduklarından daha düzenli hale getirme işlemi sayesinde daha tutarlı sonuçlar elde edilebilmektedir.

Kalman filtresi, iki adımda hesaplanan bir denklem setidir ve özyinelemeli bir hesaplayıcıdır. Bu son durumun hesaplanması için önceki adımların hesap sonuçlarına ihtiyaç olduğu ve öncelikle önceki durumların hesaplanması gerektiği anlamına gelmektedir. Bir hesabı yapmak için önceki adımın kullanılması aşamasına tahmin adımı denir. Bu hesaplamanın düzeltilmesi adımına da doğrulama adımı adı verilir. Bu aşamada ölçüm bilgisi önceden olduğundan çok daha anlamlı ve kullanılabilir bir düzeye gelmiştir ve böylece çok daha isabetli tahminler yapmak mümkün hale gelir. Deneylerimizde, toplanan veriler filtrelemeye uğramadan kullanılmıştır.

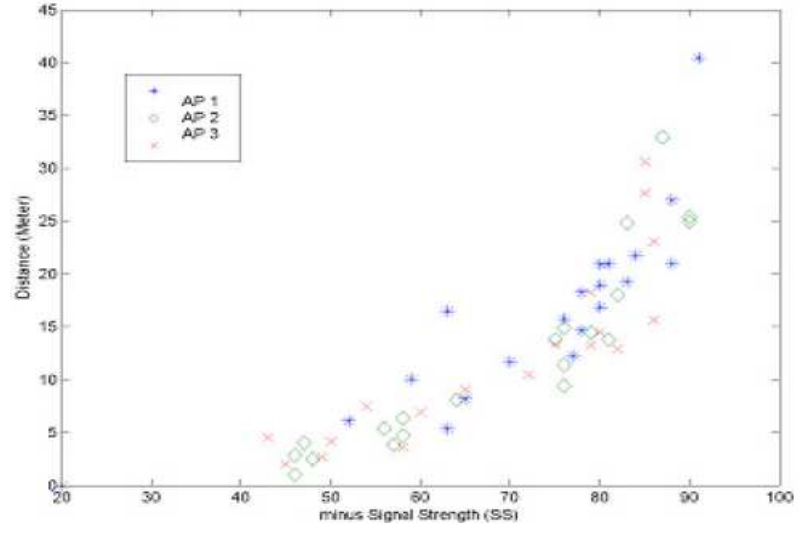
4.6. RSSI

[10]’a göre RSSI’ın en isabetli yer belirleme tekniklerinden olmadığı zaten bilinen bir gerçek olmakla birlikte donanım konusunda en az gereksinimi bulunan yol

olduğu zaten bilinmektedir. Bunun nedeni çok yolluluk ve sönümlenme etkisi sonucu etkilemesidir. Noktadan-noktaya kablosuz ağlarda erişim noktaları yüksek güçlü vericilerle kendi yerlerini belirterek yayın yaparlar, böylece bilinen yer bilgileri ve iletişim bağlantıları bilgileri kullanılarak diğer düğümlerin yerleri hesaplanabilir.

Radyo sinyalinin enerjisi, elektromanyetik dalga olarak görüntülenir ve uzayda dağılmasıyla birlikte azalır. Zayıflama ve mesafe, yayılan enerji ve alınan sinyal gücü bilirse zayıflamanın g olduğu durumda $g = d^{-\alpha}$ ile hesaplanabilir. Üs α açık alanda genellikle 2 civarındadır. Fakat evre öğeleri arttıkça (duvar, masa, tahta vs...) artar. Sinyal yansımaları alınan sinyali etkiler. Bundan dolayı bazen sinyalin ilk doruk noktaları değer olarak alınılması tercih edilirken bazen de ilk periyotların ortalamasının alınması tercih edilir. Bu durumda Levenberg Marquardt (LM) eğitim algoritması tercih edilir çünkü algoritma aynı duyarlılık seviyesinde en yüksek hıza sahip olanıdır.

Örneğin, bir kampus ortamında bir bina içerisine yerleştirilmiş olan WX-1590 SparkLAN kablosuz çoklu mod erişim noktaları, Acer eXtensa 710T diz üstü bilgisayar, Compaq iPAQ 3970 üzerinde Wi-fi Orinoco golden kart kullanılarak bir uygulama geliştirilip RSSI ile bir çözüm üretilmiştir.(şekil 4.7)' de farklı üç erişim noktasından, farklı mesafelerde RSSI örneklemleri alınmış ve bu örneklemler kullanılarak regresyona dayalı deneysel bir model kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Üç farklı erişim noktasının mesafeye göre değişimi

BÖLÜM 5

5. DENEYSEL UYGULAMA

5.1. Saha Tarama Aracı

Saha tarama aracı, RSSI yöntemi gibi önceden veri alınıp alınan veriler üzerinden konum tespiti yapan sistemlerde kullanılmaktadır. Temel görevi konum takibi için gerekli sinyal güçlerinin toplanması ve uygun biçimde kaydedilmesidir. Bu yazılım uygun bir donanım üzerine kurulum yapılarak çalıştırılabilir. Örneğin, bir diz üstü bilgisayara kurularak bir kablosuz ağ adaptörüyle veri elde edilebilir. Saha tarama işlemi her kurulumdan önce en az bir defa uygulanmalıdır. Saha tarama işleminin konum takibinin yapılacağı bölgeye göre belirlenen aralıklarla yeniden yapılması gerekebilmektedir. Ayrıca gün içerisinde sinyal dağılımının çok değiştiği yani ortam değişkenlerinin çok fazla olduğu alanlarda günün farklı saatleri için farklı ölçümler yapılabilir. Böylece konum takibi yapılan saatte konumlandırma motoru bu verileri kullanarak daha isabetli yer tahminleri yapabilir. Saha tarama ne kadar detaylı yapılırsa o kadar tutarlı konum tespiti yapılabilir.

Saha tarama işlemi için konum takibi yapılacak bölgede aktif olarak gezilmesi gerekmektedir. Mümkünse bölge üzerindeki girinti ve çıkıntılı bölgelerin her birine girilmeli ve sinyal dağılımını bozması muhtemel olan (duvar, metal dolaplar, manyetik alanlar vb...) eşya ve alanların etrafında elden geldiğince fazla veri alınması önemlidir. Saha tarama aracına o anda hangi noktada olduğu bilgisi harita üzerinde verilir. Saha tarama aracı da bu noktada bilgisi elde edilen bütün erişim noktalarının sinyal kalitesini kaydeder ve harita üzerinde verilmiş nokta ile bu değeri eşleştirir. Anlaşılacağı gibi harita üzerinde bilgisi elde edilebilen ne kadar fazla nokta varsa konum takibi yapılması için interpolasyon işleminin de o kadar detaylı ve düzgün yapılması sağlanabilir ve böylece isabetlilik oranı artırılabilir.

Toplanan veriler hafızada tablolar halinde bulunmaktadır. Bu tablolarda tarama bilgisini içeren tablo aşağıdaki bilgileri içermektedir:

- Erişim noktasına ait MAC adres bilgisi
- Erişim noktasına ait SSID bilgisi
- Erişim noktasının tarama yapılan koordinattaki sinyal gücü
- Tarama yapılmada kullanılan donanım tanımlama bilgisi
- Taramanın yapıldığı noktanın koordinat (X, Y)
- Ölçümün yapıldığı zaman bilgisi

Tek bir taramada, birden fazla erişim noktasına ulaşılacağı için bu bilgi aynı zaman için birden fazla erişim noktası için tutulmaktadır. Yani tarama sırasında 12 adet erişim noktası görülmekteyse, tabloda 12 satır veri eklenmiş demektir. Saha tarama aracı ile taramaların kaç milisaniye aralıklarla yapılacağı, taramanın türü (statik/dinamik tarama) seçilmektedir.

Saha tarama işlemi daha önceden de bahsedildiği gibi iki şekilde yapılmaktadır:

- Statik tarama
- Dinamik tarama

5.1.1. Statik Tarama

Statik tarama konum takibi yapılacak bölge üzerinde belirlenmiş noktalarda sabit durularak o noktadaki tüm erişim noktalarının tespit edilmesi ve bu erişim noktalarına ait sinyal kalitelerinin belirlenen sıklıkta ardı ardına ölçülmesiyle yapılmaktadır. Bunun sebebi o noktada erişim noktalarında birden fazla veri

alınmasının sağlanmasından dolayı anlık değişimlerden (o anda bir bilgisayarın o erişim noktasından internete bağlanması gibi...) etkilenme oranının büyük ölçüde azalması sağlanmaktadır. Böylece, kritik olan noktalarda arka arkaya ve yüksek sayıda veri alınabilmesi ile konum takibinde tutarlılık arttırılabilmektedir.

Bulunulan nokta harita üzerine işaretlendiğinde proje oluşturulurken girilen belirlenmiş aralıklarla tarama yapılır ve bundan sonra tarama durdurulana kadar elde edilen veriler bu noktaya atanır. Statik tarama yapılırken, yer tespiti yapılacak alan üzerinde, alanın fiziksel yapısından dolayı sinyal dağılımını değiştiren bir bölge olabilir. Bu yüzden tarama yapılacak alanda o bölgeye ait sinyal örneğinin bulunmasında sinyalleri karşılaştırma açısından fayda vardır.

Statik taramada, haritada belirlenmiş noktalar çok sık olamayacağından dolayı veya olsa bile çok uzun zaman alacağından dolayı tek avantajı kritik noktalarda fazla veri alabilmesi sebebiyle bu noktalarda tutarlı bir veri elde edilebilmesidir.

5.1.2. Dinamik Tarama

Belirli bir noktada sabit kalmaksızın, sürekli bir doğrultuda hareket edilerek, test edilecek bütün alanı kapsayacak şekilde yapılan tarama türüdür. Hareket edilmeye başlandığı anda bulunulan nokta harita üzerinde işaretlenir ve sabit bir hız ve doğrultuda hareket edilir. Bu sırada elde edilen veriler X ve Y bilgileri eklenmeden kaydedilir. Doğrultu ve hızın değişeceği noktada gelinen nokta harita üzerine işaretlenir ve harekete devam edilir. Bu sırada, işaretlenmiş bu iki nokta arasındaki doğru üzerinde bulunan noktalara daha önce toplanıp kaydedilmiş veriler zaman aralıklarına ve geçen zamana göre dağıtılarak veriye X ve Y bilgisi eklenmesi sağlanır. Tarama sonlandırılmak istendiğinde bulunulan son nokta işaretlenir ve tarama işlemi sonlandırılır.

Tarama sırasında geçilen noktalar ve tarama zamanları üzerinden yapılan taramanın hangi noktaya ait olduğu yazılım tarafından hesaplanır. Böylece bir noktaya ait erişim noktası bilgileri ve sinyal güçleri statik taramaya oranla çok daha hızlı biçimde alınır. Ayrıca dinamik tarama daha geniş bir alanın çok daha hızlı bir Şekilde taranmasına olanak sağlamaktadır. Ancak her bir noktada sadece tek bir taramanın bilgisi olacağından dolayı tek bir nokta için anlık değişimlerden etkilenme oranı daha fazladır. Yani, nokta başına yapılan tarama adedi statik taramaya oranla çok daha azdır.

5.2. Toplanan Verinin Yapısı

Yeri daha önceden belirlenen alanı gösteren, XY koordinat düzlemi üzerindeki belirli noktalar referans alınarak erişim noktalarında sinyal güçleri ölçülerek veriler toplanır. Bu veri yneysel olarak şu Şekilde gösterilebilir.

$$SD_i = [(X, Y); (Z); (AP_{s_1}, AP_{s_2}, \dots, AP_{s_n})]$$

Toplanmış olan verilerle ilgili en kritik noktalardan biri, veri örnekleri ile yer belirlemenin yapılabilmesi için toplanmış verinin yorumlanabilir olmasıdır. Toplanan veri mantıksal tablolara aktarılarak burada düzenlenme işlemi yapılmaktadır. Bu tablolar her bir tarama için X,Y ve zaman bilgilerini tutmasının yanında tarama yapılan donanımın bilgileri, erişim noktalarının MAC adresleri, SSID'leri, sinyal güçleri, taramanın ne sıklıkla yapıldığı, saha tarama türü gibi birçok bilgiyi içermektedir. Bu noktada tabloların anlaşılabilmesi için verinin daha basit parçalara ayrılıp analiz edilmesi gerekir. Yapılan çalışmalardan alınan sonuçlara dayanarak, verinin yorumlanabilir olması için temelde tek bir erişim noktasının XY'ye koordinat düzlemine göre dağılımının yorumlanabilir olması gerektiği görülmüştür. Bu nedenle dinamik olarak toplanmış olan veriden her bir erişim noktası için XY üzerinde üzerinde oluşan 3D sinyal dağılımları çıkarılmıştır. 3D sinyal dağılımları çıkartılırken her koordinatta veri alınamadığından dolayı tam bir dağılım grafiği elde edilebilmesi için kübik ara değerleme uygulanmıştır. Ara değerleme uygulanmadan önce veri düzgün olmayan bir yapıda bulunmaktadır. Verilere ara değerleme

uygulanmasıyla birlikte düzgün hale getirilmiştir. Böylece sinyal dağılımı çok daha rahatlıkla görülüp analiz edilebilmektedir.

Statik ve dinamik veri olmak üzere iki tipte veri toplanmıştır. Statik veri, daha önceden konum takibi yapılacak alanda homojene yakın dağılımda olmasına dikkat edilerek belirlenmiş referans noktalarında, belli bir süre sabit bir şekilde beklenerek elde edilen sinyal örneklerinden meydana gelen verilerdir. Her bir referans noktasından tanımlı aralıklarla, tanımlı sayıda birden fazla örnek alınır. Dinamik veri, veri toplanacak yer üzerinde sabit bir hızla yürünerek toplanan verilerdir. Bu uygulamaya ile iki nokta arasındaki bulunan koordinatlara belirli aralıklarla bir sinyal değeri atanmış olur. Böylece statik verinin tersine çok daha fazla noktada veri elde edilmiş olur.

Toplanmış olan verilerle ilgili olarak diğer kritik noktalardan biri ise, toplanan sinyal örneklerine bakıldığında belirli bir sayıda erişim noktası MAC adresi görülür (Ör: 24 tane). Bunun anlamı fiziksel olarak da 24 tane erişim noktası bulunuyor değildir. Teknolojinin ilerlemesiyle artık erişim noktalarının, her bir erişim noktası için birden fazla SSID ve MAC adresi yayınlama ve her birini farklı amaçla kullanma özelliği vardır. Tek kutudan yayılan erişim noktaları, yerel alan ağ açısından farklı erişim noktalarıymış gibi davranır fakat fiziksel özellikleri (örneğin sinyal gücü) bakımından aynı erişim noktasının özelliklerini taşır. Bu nedenle aynı kutudan yayılan MAC adresleri tek bir erişim noktasıymış gibi davranılmalıdır. Ayrıca aynı erişim noktasından yayınlanan MAC adreslerinin bir standardı yoktur yani MAC adresine bakılarak sinyallerin aynı erişim noktasından yayımlandığı anlaşılamaz. Bu nedenden dolayı saha taramasından sonra erişim noktalarının MAC adres bilgileri elde edilerek gerekli düzenleme yapılmalıdır.

5.3. Alınan Sinyal Gücü (RSS)

IEEE 802.11x standardı, araştırma toplumunda rahat ulaşılabilir ve ucuz olması nedeniyle, kablosuz yerel alan ağda sinyal gücü tabanlı yer belirtimini tekrar gündeme getirdi. IEEE 802.11x standardının, sinyal gücüne dayalı yer belirtiminin popülerliğinin hızla artışına rağmen geniş sinyal gücü değişimini sağlayan temel faktörlerin detaylı tanımlanmasında eksiklikler var.

Bu bölüm, RSS'in tez aşamasında toplanan araştırma çalışmalarının analizini ve test aşamasında gözlenen bazı özelliklerini inceler. RSS değerlerinin analizine yer bağımlı RSS örüntülerinin ve yer parmak izlerinin altında yatan özelliklerinin anlaşılması için ihtiyaç duyulur. Konum parmak izi için, RSS değerlerinin özelliklerinin anlaşılması konumlandırma algoritmalarının tasarımının geliştirilmesine ve yapı içi konumlandırma sistemlerinin kurulumuna yardımcı olabilir.

5.3.1. RSS'i Etkileyen Parametreler

Yapı içi RSS'i etkileyen değişik faktörler vardır. Çalışmamızda bu faktörleri; diğer kullanıcıların varlığı/yokluğu, alıcının vericiye göre yönü, günün saati, binanın yapısı ve materyali, vericiden uzaklık, antenin yönelimi, yönlülük ve tür diğer olası faktörler olarak belirledik. Çizelge 5.1' de RSS' i etkileyen parametreleri sınıflandırmaktadır:

Çizelge 5.1. RSS' yı etkileyen faktörlerin sınıflandırılması

Etkilenen	Faktörler	Seçenekler
Veri toplanması	1. Verici değişikliği	Farklı üretici markalar
	2. Kullanıcının yönlendirmesi veya sonlandırması	Kuzey, Doğu, Güney, Batı
	3. Alıcı değişikliği	Farklı üretici markalar
İstatistikler	4. Zaman ölçümü	Günün saatleri ve haftanın günleri
	5. Veri sayısı	Toplanan veri miktarı
	6. Parazit	Ortak-kanal, bitişik kanal

5.3.1.1. Verici Değişkenliği

Farklı vericiler aynı şekilde yapılandırıldıklarında dahi farklı şekilde davranırlar. Bu durum pratikte, bir verici d dBm güç seviyesinde paketler gönderilmek üzere yapılandırıldığında verici bu paketleri d dBm seviyesin çok yakın bir seviyede gönderecektir ama tam olarak d dBm'e eşit olmayacaktır anlamına gelir. Bu, kaydedilen sinyal göstergesini değiştirebilir ve böylelikle yanlış uzaklık tahminine sebep olabilir.

5.3.1.2. Alıcı Değişkenliği

Alıcı hassaslıkları farklı radyo yongaları arasında farklıdır. Bu durum pratikte, farklı alıcılarda kaydedilen RSSI değerleri, kaydedilen sinyal gücünü etkileyen

parametreler sabit tutulmasına rağmen farklı çıkabilir anlamına gelir. Microsoft'un MSDN kütüphanesi'nde RSSI değerlerinin -10 ve -200 dBm arasında çeşitlilik gösterdiği açıklanmıştır [42].

WX-1590 SparkLAN kablosuz çoklu mod erişim noktaları kullanılarak aynı harita üzerinde aynı veri toplama koşulları altında farklı alıcı kartlarla, 3 dakika boyunca 5'er saniye aralıklarla, dinamik olarak yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2' de dir.

Çizelge 5.2. Farklı WLAN kart modelleri RSSI değerleri

WLAN Kart Modeli	RSSI Değerleri		
	Max (dBm)	Min(dBm)	Aralık
PRO/Wireless 2200BG	-12	-82	70
D-Link AirPlus DWL-G650	-53	-103	50
Compaq WL 110	-55	-97	42

5.3.1.3. Anten Yönelimi

Her antenin kendine ait düzenli olmayan bir ışına örüntüsü vardır. Bu durum pratikte, bağlantı içinde olan bir çift düğümün aralarındaki belirli bir uzaklıkta kaydedilen RSS değerleri, alıcı ve vericinin anten yönelimi değiştirildikçe değişir anlamına gelir.

5.3.1.4. RF Kanalında Çok Yollu Sönümlenme

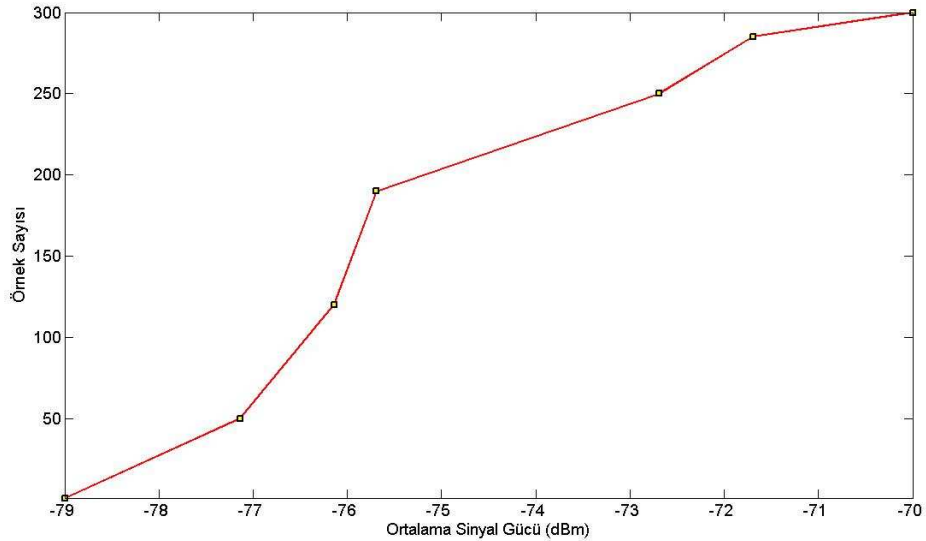
Kapalı çevrelerde gönderilen sinyaller duvarlara ya da oda içinde mobilya gibi nesnelere çarptıktan sonra yansır. Hem orijinal sinyal hem de yansıyan sinyal, her ikisi de ışığın hızında yol aldıkları için alıcıya hemen hemen aynı zamanlarda

ulaşırlar. Bunun sonucu olarak, alıcı iki sinyali ayırt edemez ve kaydedilen sinyal gücünü her ikisi için de ölçer.

5.3.1.5. Parazit

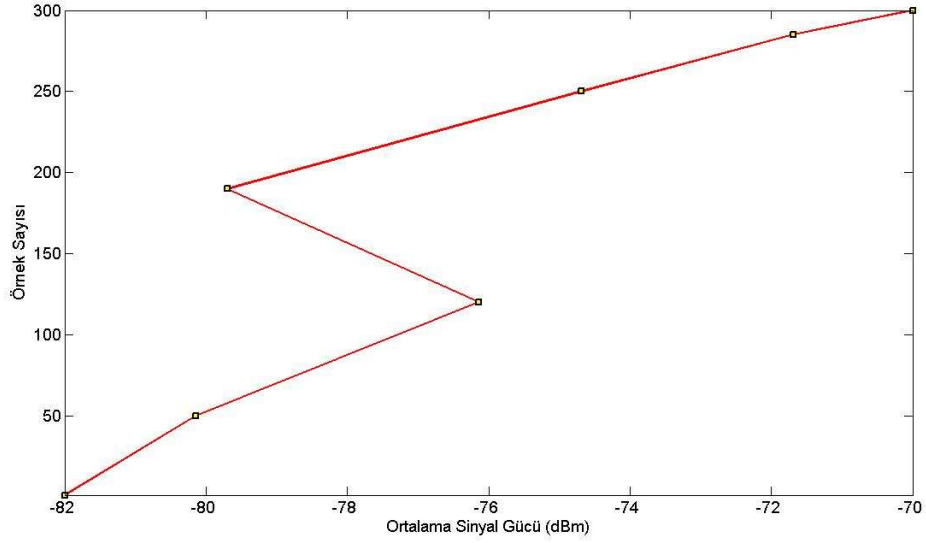
Uygulama gerçekleştirilirken, etrafta başka RF dalgaları yayan cihazlar olduğunda RSS değerlerinde büyük değişimler gözlenmektedir. Bunun en önemli sebebi benzer frekansların kullanılması ve sinyal değerlerinin saplamalar göstermesidir.

Ortamda başka RF dalgası yayan bir cihaz olmadan, birinci durumda, bir uygulama geliştirilip RSSI ile bir çözüm üretilmiştir. 1 adet Acer eXtensa 710T diz üstü bilgisayar, Compaq iPAQ 3970 üzerinde Wi-fi Orinoco golden kart kullanılarak ve 1 adet WX-1590 SparkLAN kablosuz çoklu mod erişim noktası kullanılarak bir deney ortamı oluşturulmuştur. 5 dakika boyunca statik olarak veri toplanmıştır (Şekil 5.1). Deneyde ki amaç, birden çok RF dalgasının, alınan sinyalin değerini ne derecede değiştirdiği gözlenmektedir.



Şekil 5.1. Düzenekte, bir adet alıcı ve verici kullanılarak yapılan ölçüm

İkinci durumda ise, 3 adet , Packard bell R9501 üzerinde entegre Intel Pro kablosuz 2200BG kartlı, diz üstü bilgisayar daha deney ortamına eklenerek toplam diz üstü bilgisayar sayısı 4'e çıkarılmıştır. Yine, 6 dakika boyunca statik olarak veri toplanmıştır (Şekil 5.2). İki durum arasında, aynı bilgisayar tarafından ölçülen RF değerlerinde, gözle görülür bir değişme ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.2. Düzenekte bir adet verici ve 4 adet alıcı kullanılarak yapılan ölçüm

5.3.1.6. Veri Sayısı

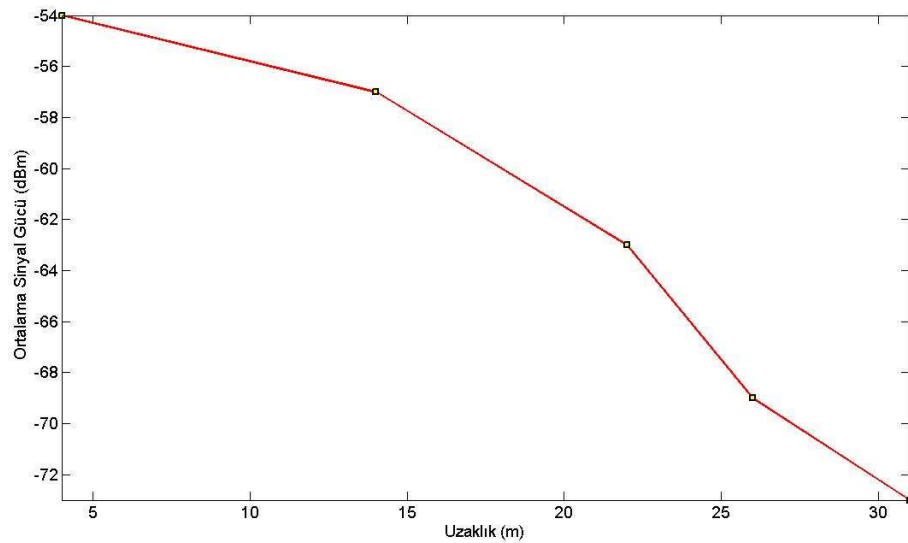
Toplanan veri sayısının değişmesiyle, ortalama RSS değerinin değişimini gözlemlemek için, Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 incelendiğinde görüldüğü üzere, toplanan veri miktarı arttıkça ortalama sinyal gücü değeride değişmektedir. Bunun en önemli nedeni, ölçümler boyunca aynı ortam şartları sağlansa bile RSS değerlerinin değişiklikler göstermesidir.

5.3.1.7. Kullanıcının Yönlendirmesi veya Sonlandırması

Suyun rezonans frekansı 2.4 GHz olduğundan ve insan vücudunun %70'i su ile kaplı olduğundan, kullanıcının, alıcı çevresindeki pozisyonu, RSS değerlerinde değişmeye yol açmaktadır. Bu durumu incelemek için Packard bell R9501 üzerinde entegre Intel Pro kablosuz 2200BG kartlı diz üstü bilgisayar ve WX-1590 SparkLAN kablosuz çoklu mod erişim noktası kullanarak yeni bir deney ortamı oluşturduk. Alıcı (MS) ve verici (AP) arası görüş hattı sağlanarak yaklaşık olarak 4 metre olarak belirlenmiştir. İlk 60 dakika kullanıcı deney ortamında bulunmuştur. Sonra ki, 60 dakika boyunca kullanıcı deney ortamından ayrılmış ve deney ortamında MS ve AP dışında hiçbir şey kalmamıştır. Kullanıcının deney ortamında bulunması ya da bulunmaması ortalama RSS değerlerini yaklaşık olarak 5 dBm değiştirmektedir. Bu değer RSS için çok büyük bir değişiklik ifade etmemektedir.

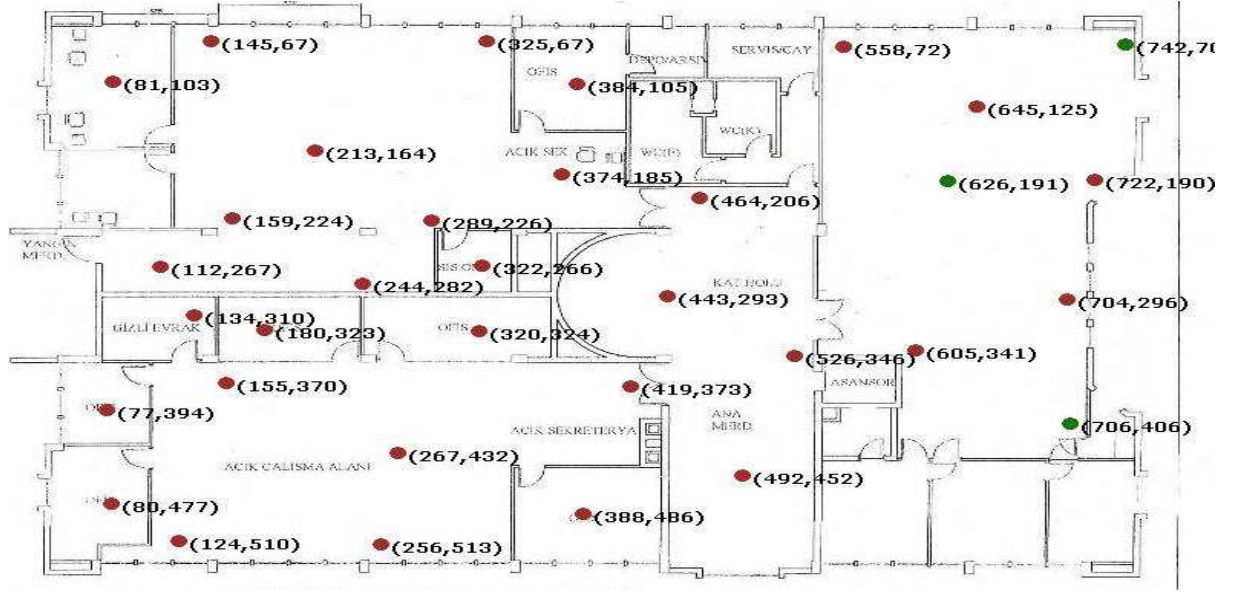
5.3.1.8. Alıcının Vericiden Uzaklaşması

Alıcı vericiden uzaklaştıkça sinyal gücünde azalmalar görülür (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. MS, AP'den uzaklaştıkça ortalama RSS değeri değişimi

Yapılan testlerde yanlış sonuçlarla da karşılaşmıştır. Şekil 5.5.'de görüldüğü üzere X ve Y koordinatları (626,191) olan nokta için en yakın noktalar (742,70) ve (706,406) olarak gözükmemektedir.



Şekil 5.5. X ve Y koordinatları (626,191) olan nokta

Öklid mesafesi algoritmasının, uygulamada çok fazla yararlı olamayacağı görüldü. Bunun en önemli nedeni, ortam değişkenlerinin (duvar, pencere, masa, insan, manyetik alan vb...) çok sayıda olmasıdır. Bu bölgelerde RSS değerleri çok daha tutarsızlık göstermektedir. Bu yüzden doğru sonuç elde etme ihtimali de düşmektedir.

Normalde birbirine fiziksel olarak yakın olan noktalar sinyal uzayında birbirine uzak olarak görülebilmektedir. Sonuç olarak toplanan verilerin sinyal uzayının yer belirleme konusunda birebir bir ölçüt olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

BÖLÜM 6

6. SONUÇLAR

Son yıllarda, kapalı alan konumlandırma sistemi için, mevcut kablosuz yerel alan ağı alt yapısını kullanan konumlandırma sistemlerinin kullanımı tavsiye edilmektedir. 802.11x'lik bir ağda, sinyal şiddeti bilgilerine dayanan bir konum belirleme sistemi, özel herhangi bir donanım gerektirmeden uygulanabilir. Bu veri ağının kullanılabilmesi açısından önemlidir.

Kapalı alan konumlandırma sistemi, mobil istasyonların yerini belirlemek için zaman veya varış istikameti tekniklerinden ziyade, pozisyon izinden yararlanmaktadır. Bu konumlandırma sistemleriyle ilişkili deneysel sonuçlar sunulurken, tasarlamak ve konumlandırma sistemlerini yaymak için taslak olarak kullanılacak bir model eksikliği vardır.

Kapalı alan koşulları ve bina malzemelerine bağlı olarak farklılık gösterirler. Büyük ve açık alanlı binalarda standart sapma daha yüksekken, küçük ve kapalı mekanlarda standart sapmanın daha düşük olduğu anlaşılmıştır. RSSI değerlerinin çevresel etmenlerden bu derece etkilenmesi ve ölçümler yapılırken bu kıstasların tamamen kontrol edilememesi nedeniyle, kapalı alan konumlandırma sisteminde, 5m civarında hata payı ortaya çıkmıştır [7].

Eğer sistemin kuruluş amacında, en az maliyetle, belirli bir hata payını göze alarak yer tespiti yapmaksızın RSSI kullanımı başarılı bir yöntemdir. Eğer sistemin kuruluş amacında hataya yer yoksa, konumlandırma yapılırken algılayıcı ağları kullanmakta fayda vardır. Her ne kadar maliyeti ve bakımı masraflı ise de, yer belirlemede çok daha başarılıdır. Açık alan konumlandırma sistemlerinde GPS kullanmakta fayda

vardır. GPS’de maliyetli bir teknolojidir ancak RSSI kullanarak açık alanda başarılı yer tahmini yapmak çevresel etkenlerden dolayı çok zordur. Ayrıca RSSI ile ilgili ölçümler yapılırken, sadece x ve y koordinatı hesaba katılmıştır ancak z boyutu (yani bina eğer çok katlı ise) hesaplamalara katılmamıştır.

Yaptığımız analiz sonuçları, kapalı bir alan konumlandırma sisteminin dizaynı ve yerleştirilmesi sırasında göz önüne alınması gereken parametreler konusunda bir kılavuz niteliği taşımaktadır. Tatmin edici bir netlik ve doğruluk elde etmek için sistem kurucusunun erişim noktalarının sayısı, veri toplama şekli ve istatistiki bilgilerle, bütün bu sistem parametrelerini dengelemesi gerekmektedir.

Sonraki çalışmalarda, binanın katları da hesaplanarak daha doğru yer tespiti sağlanabilir. RSSI değerlerinin daha farklı algoritmalarda ne gibi sonuçlar verebileceği gözlenebilir. RSSI’ ın karakteristik özellikleri dikkate alınarak, kapalı alanlarda yer tahmini daha farklı metotlar kullanılarak gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Pahlavan, K., Li, X., Ylianttila, M., Chana, R.S. , Latva-aho, M., An overview of wireless indoor geolocation techniques and systems. Proceedings of the IFIP-TC6/European Commission International Workshop on in Mobile and Wireless Communications Networks, 1–13, Mayıs 2000.
- [2] Enge, P., Misra, P., Special issue on GPS: The global positioning system, Proceedings of the IEEE, 3–172, Ocak 1999.
- [3] Stallings, W., Wireless Communications and Networks. *Prentice Hall*, Englewood Cliffs, 2002.
- [4] Rappaport, T.S., Wireless Communications Principles and Practice, *Pearson Education*, Upper Saddle River, 2002.
- [5] Öner, B. D., Bilgisayar Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [6] Çölkesen , R., Örencik, B., Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ teknolojileri, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [7] Stein, J.C., Indoor Radio WLAN Performance Part II: Range Performance in a Dense Office Environment, Wireless Communication Systems, 408-412, Florida, U.S.A, Eylül 2007.
- [8] Gupta, P., Kumar, P.S., The Capacity of Wireless Networks, IEEE Trans. Information Theory, 46(2), 388-404, Mart 2000.
- [9] Öztürk, E., 2004, WLAN Teknolojisinin incelenmesi, mevcut düzenlemelerin değerlendirilmesi ve ülkemize yönelik düzenleme önerisi, *Uzmanlık Tezi, Telekomünikasyon Kurumu*, Ankara.
- [10] Horn, R., Demain, Paul., Cellular and WLAN Convergence, Wireless Broadband Forum, 1-5, Hampshire, İngiltere, Kasım 2002.
- [11] Wallbaum, M., WhereMops: An indoor geolocation system, 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, 1967-1971, Aachen, Almanya, Eylül 2002.
- [12] Hautala, T., Braysy, T. , Makela, J., Lehtomaki, J., Saarinen, T. , Scalability of mobility signaling in IEEE 802.11 WLAN, Vehicular Technology Conference, 2044-2047, Ekim 2003.
- [13] Macri, R., 802.11 WLAN Security, Psion Teklogix Conference, 1-10, London, İngiltere, Kasım 2003.
- [14] Cisco Systems, A Comprehensive Review of 802.11 Wireless LAN Security and the Cisco Wireless Security Suite, White Paper, 1-39, Nisan 2002.

- [15] Kujala, M., WLAN standards and Wireless networking security, Helsinki University of Technology Telecommunications Software and Multimedia Laboratory 1-9, Helsinki, Finlandiya, Mayıs 2003.
- [16] Tjensvold, J. M., Comparison of the IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 and 802.15.6 wireless standards, 1-7, Kasım 2007.
- [17] Nee, V.N., New-High rate Wireless LAN Standards, IEEE Communication Magazine, 82-88, 1-6, Utrecht, Hollanda, Aralık 1999.
- [18] Pierre, R., Hoefel F., A Cross-Layer Model for HR/DSSS IEEE 802.11b WLANs with Differentiation Services, Spread Spectrum Techniques and Applications, 2006 IEEE Ninth International Symposium on, 386-390, Manaus, Brezilya, Ağustos 2006.
- [19] Werb, J., Lanzl, C., Designing a positioning system for finding things and people indoors, IEEE Spectrum, 35(9): 71–78, MA, U.S.A, Eylül 1998.
- [20] Saha, S., Chaudhuri, K., Sanghi, D., Bhagwat, P., Location determination of a mobile device using IEEE 802.11b access point signals, Wireless Communications and Networking, 1987-1992, New Orleans, U.S.A, Mayıs 2003.
- [21] Gellersen, H., Schmidt, A., and Beigl, M., Adding some smartness to devices and everyday things, in Proc. of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Aralık 2000.
- [22] Whitehouse, K., Culler, D., Micro-calibration in Sensor/Actuator Networks, UC Berkeley, 30-34, Haziran 2003.
- [23] Kaemarungsi, K., Krishnamurthy, P., Modeling of Indoor Positioning Systems Based on Location Fingerprinting, Telecommunications Program School of Information Science, 34, 140-174, Mayıs 2004.
- [24] Kahn, J.M., Barry, J.R., Wireless infrared communications, Proceedings of the IEEE, 85(2), 265 – 298, Şubat 1997.
- [25] Crow, B., Widjaja, I., Kim, J. G., Sakai, P., Performance of IEEE 802.11 wireless local area networks, Proceedings of the SPIE, 480-491, 2004.
- [26] Bahl, P., Padmanabhan, V.N., RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System, Infocom 2000, 1-10, Telaviv, Israel, Mart 2000.
- [27] Nanotron Technologies GmbH., Real time location systems, White paper, 1-24, Mayıs 2007.
- [28] Peng, R., Sichitiu, M.L., Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks, 3rd Annual IEEE Communications Society on SECON '06, 374-382, Raleigh, U.S.A, Eylül 2006.

- [29] Reddy, H., Chandra, G., M., Balamuralidhar, P., Harihara, S.G., Bhattacharya, K., Joseph, E., An Improved Time-of-Arrival Estimation for WLAN-Based Local Positioning, Comsware 2nd International Conference, 1-5, Bengaluru, Hindistan, Haziran 2007.
- [30] Ward, A., Jones, A., Hopper, A., A new location technique for the active office. IEEE Personal Communications, 4(5):42–47, Cambridge, U.S.A, Ekim 1997.
- [31] Priyantha, N.B., Chakraborty, A., Balakrishnan, H., The cricket location support system. In 6th ACM MOBICOM, 32-43, Boston, U.S.A, Ağustos 2000.
- [32] Enge, P., Misra, P., Special issue on GPS: The global positioning system, Proceedings of the IEEE, 3-15, U.S.A, Ocak 1999.
- [33] Muthukrishnan, K., Koprnikov, G., Meratnia N., Lijding M., Using time-of-flight for WLAN localization: feasibility study, TR-CTIT-06-28 Telematics and Information Technology, 1-6, Enschede, Hollanda, Haziran 2004.
- [34] Montavont, J., Noel, T., IEEE 802.11 Handovers Assisted by GPS Information, IEEE International Conference on WiMob'06, 166-172, Haziran 2006.
- [35] Zàruba, G.V., Huber M., Kamangar, F.A., Chlamtac, I., Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point, Wireless Networks, 221-235, Temmuz 2006.
- [36] Pahlavan, K., Li, X., Makela, J.P., Indoor geolocation science and echnology, IEEE Commun. Magazine, 112-118, MA, U.S.A, Şubat 2002.
- [37] Battiti, R., Brunato, M., Villani, A., Statistical learning theory for location fingerprinting in wireless LAN's, , Technical Report, 825-845 , Trento, İtalya, Aralık 2002.
- [38] Roos, T., Myllymaki, P., Tirri, H., Misikangas, P., Sievanen, J., A probabilistic approach to WLAN user location estimation, International Journal of Wireless Information Networks, 155-164, Haziran 2002.
- [39] Malekpour, A., Ling, T.C., Lim W.C., Location Determination Using Radio Frequency RSSI and Deterministic Algorithm, Communication Networks and Services Research Conference (cnsr 2008), 488-495, Halifax, İngiltere, Mayıs 2008.
- [40] Smailagic, A., Siewiorek D.P., Anhalt J., Kogan D., Wang Y., Location Sensing and Privacy in a Context Aware Computing Environment, Carnegie Mellon University Institute for Complex Engineered Systems, 1-8, 2002.
- [41] Fukuju Y., Minami, M., Morikawa , H., Aoyama, T., DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment, Software Technologies for Future Embedded Systems, 2003. IEEE Workshop on 53-56, Tokyo, Japonya, Mayıs 2003.

- [42] Singh, R., Guainazzo, M., Regazzoni, C.S., Location determination using WLAN in conjunction with GPS network, Vehicular Technology Conference, 2695 – 2699, Genova, İtalya, Mayıs 2004.
- [43] Vandikas, K., Kriara, L., Papakonstantinou, T., Katranidou, A., Baltzakis, H., Papadopouli, M., Empirical-Based Analysis of a Cooperative Location-Sensing System, Proceedings of the 1st international conference on Autonomic computing and communication systems, 1-11, Roma, İtalya, Ekim 2007.
- [44] Kaemarungsi, K., Distribution of WLAN Received Signal Strength Indication for Indoor Location Determination, Wireless Pervasive Computing , 6-18, Bangkok, Tayland, Haziran 2006.
- [45] Teuber, A., Eissfeller, B., Pany, T., Position A Two-Stage Fuzzy Logic Approach for Wireless LAN Indoor Positioning, Location And Navigation Symposium, 730-738, Nisan 2006.
- [46] Işık M., Çamurcu, A.Y., K-means, K-medoids ve bulanık C-means Algoritmalarının uygulamalı olarak Performanslarının tesbiti, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 31-45, Eylül 2007.
- [47] Hathaway, R.J., Bezdek, J.C., Yingkang H., Fuzzy Generalized fuzzy c-means clustering strategies using L_p norm distances, Fuzzy Systems, IEEE Transactions , 576-582, GA, U.S.A, Ekim 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı: DOĞANCI, Yıldırım Umut

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 07/04/1983 Ankara

Medeni Hali: Bekar

Telefon: 0 (312) 292 42 95

Faks: 0 (312) 292 40 91

E-mail: udoganci@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Y.Lisans	TOBB ETU/ Bilgisayar Mühendisliği	2008
Lisans	Çankaya Üniversitesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2008	TOBB ETU	Yarı zamanlı Öğretim Elemanı
2008	ZTE Cooperation	Teknik Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce