

**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

YERALTI MADENCİLİĞİ TAKİP VE İZLEME SİSTEMİ OTOMASYONU

İsmail GÖK

AĞUSTOS 2020

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında İsmail GÖK tarafından hazırlanan *YERALTI MADENCİLİĞİ TAKİP VE İZLEME SİSTEMİ OTOMASYONU* adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN
Bölüm Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÜNVER _____
Üye (Danışman) : Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN _____
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Zafer CİVELEK _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Recep ÇALIN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Dünyaya gelmesiyle
hayatıma en büyük anlamı katan,
canım oğlum,*

Yusuf Eren GÖK'e

ÖZET

YERALTI MADENCİLİĞİ TAKİP VE İZLEME SİSTEMİ OTOMASYONU

GÖK, İsmail

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi

Danışman: Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN

Aralık 2019, 88 sayfa

Günümüzde dış ortamlarda kullanıcıyı yönlendirmek ve yer tespiti yapmak amacıyla geliştirilmiş konumlandırma sistemleri birçok alanda kullanılmaktadır. Dış ortamda, GPS gibi küresel navigasyon teknolojileri önemli bir yer teşkil ederken, iç mekânlarda uydu bağlantılarının yokluğundan bu teknoloji yeterli performansı gösterememektedir. Bu çalışmada iç mekânlarda kullanılan konum belirleme yöntemleri ve teknolojileri araştırılmıştır. Parmak izi yöntemi; hazırda kullanılan ağ sistemi ve mobil iletişim cihazlar aracılığıyla uygulanabildiği için diğer iç ortam konumlandırma yöntemlerine göre öne çıkmaktadır. K-en yakın komşuluk (KNN) algoritması gözetimli öğrenme algoritması olup veri sınıflandırma problemlerinin çözümünde uygulama kolaylığından sıklıkla kullanılmaktadır. Veri madenciliği konularında yaygın uygulamaları mevcut olup bu çalışmada iç ortam konum probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasının yeraltı madenlerinde kullanılan çeşitli personel takip ve haberleşme teknolojilerine dair bilgi sağlanması, sistemlerin değerlendirilebilmesi ve bu değerlendirmeler neticesinde yeraltı maden sahalarında kullanılması amacıyla mobil tabanlı personel takip sistemi otomasyonu geliştirilmiştir. Bu kapsamda yeraltı maden sahasına kablosuz ağ altyapısı kurulmuş ve parmak izi yöntemi kullanılarak mobil uygulama geliştirilmiştir. Yöntem seçiminde, sistemin kurulum kolaylığı, düşük maliyeti ve programlamaya uygun bir çözüm olması göz önünde bulundurulmuştur. Uygulama kapsamında parmak izi yönteminin, referans noktası sayısı ve erişim noktası sayısına ne şekilde bağımlı olduğu test edilmiştir. Parmak izi veri tabanı oluşturulurken çalışma

sahası içindeki referans nokta sayısındaki değişikliğin konum tahminine etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmada referans nokta sayısının ve referans noktalarının yerleşiminin konum bilgisi üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Küresel konumlandırma sistemi, İ ortam konumlandırma sistemi, Parmak izi yöntemi, Kablosuz ağ, K-En yakın komşu algoritması (KNN), Veri madenciliği.



ABSTRACT

UNDERGROUND MINING AND MONITORING SYSTEM AUTOMATION

GÖK, İsmail

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Atilla ERGÜZEN

December 2019, 88 pages

Nowadays, developed positioning systems are widely used in many areas to guide and guide users in external environments. While global navigation technologies such as GPS have an important place in the outdoor environment, this technology does not perform well due to the lack of satellite connections in the interior spaces. In this study, positioning methods and technologies used in interior spaces were investigated. Fingerprint method; Since it can be applied through the network system and mobile communication devices currently used, it stands out according to other indoor positioning methods. The K-nearest neighborhood (KNN) algorithm is a supervised learning algorithm and is frequently used for the solution of data classification problems due to its ease of application. It has widespread applications in data mining issues and is used in the solution of indoor location problem in this study. In order to provide information on the various personnel tracking and communication technologies used in underground mines, to evaluate the systems and to use them in underground mining areas, the automation of mobile based personnel tracking system has been developed. Wi-Fi infrastructure was installed in the underground mine site. The installed Wi-Fi infrastructure was utilized and the mobile application was developed using the fingerprint method. In the selection of these methods, ease of installation, low cost and suitable solution for programming are considered. Within the scope of the application, the method of fingerprint method is tested by the number of reference points and the number of access points. The effect of the change in the

number of reference points in the study area on the location estimation was investigated during the creation of the fingerprint database. In experimental study, the effects of reference point number and placement of reference points on position information were evaluated.

Key Words: Global Positioning System, Indoor positioning, Fingerprint method, Wi-Fi, K-nearest neighborhood algorithm (KNN), Data mining.



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımı şahsımdan esirgemeyerek bana her türlü desteği sağlayan, benimle birlikte bütün araştırmacılara büyük destek olan, gece gündüz her daim sorularımı yanıtlayan, öğrencisi olmayı kendime şans olarak gördüğüm, tez yöneticisi hocam, Sayın Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN'e,

Tez çalışmamda kullandığım saha verilerini elde etmemde büyük yardımını gördüğüm arkadaşlığı ile bana güç veren ve destek olan arkadaşım, arkadaşımdan öte kardeşim Onur Fevzi KEVENLİK'e,

Gerek ders, gerekse tez aşamalarımda desteğini ve yardımını esirgemeyen uzun süredir beraber çalıştığımız, bir mühendis olarak kendisinden çok şey öğrendiğim değerli müdürüm L. Yaşar TOMSUK'a

Bilgi ve tecrübesiyle gurur duyduğum meslektaşım, kardeşim Gürkan GÖK'e

Manevi desteği ile her zaman arkamda duran, büyük fedakârlıkların sessiz sahibi abim Cumhur GÖK'e

Ailemizin çimentosu, bizi birbirimize bağlayan, bizleri karşılıksız seven, fedakâr annem Serpil GÖK'e

Teşekkürlerimi sunmayı kendime bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	5
2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatında Personel Takip Sistemleri	6
2.2. Haberleşme Teknolojileri	7
2.2.1. Kablolu Haberleşme Sistemleri	7
2.2.2. Kablosuz Haberleşme Sistemleri	8
2.2.2.1. Sızıntı Besleyici Sistemler	8
2.2.2.2. Düğüm Tabanlı Sistemler	10
2.3. Personel Takip Sistemleri	13
2.3.1 Manuel Takip Sistemleri	14
2.3.2. Elektronik Takip Sistemleri	15
2.3.4. Takip Sistemi Uygulamaları	15
2.4. Elektronik Takip Sistemlerinde Konumlandırma Teknolojileri	20
2.4.1. WLAN/Wi-Fi	21
2.4.2. Bluetooth	22
2.4.3. GSM (Hücresel Ağlar)	22
2.4.4. RFID (Radio Frequency Identification)	23
2.4.5. GPS/GNSS (Yüksek Hassasiyetli)	24
2.4.6. Hibrit Teknolojiler	25

2.5. Elektronik Takip Sistemlerinde Konumlandırma Yöntemleri	26
2.5.1. Model Tabanlı Yöntemler.....	27
2.5.1.1. Yakınlık.....	27
2.5.1.2. Üçgenleme.....	28
2.5.2. Sinyal Metriklerine Göre	28
2.5.2.1. Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yöntemi	28
2.5.2.2. Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi	29
2.5.2.3. Varış zamanı / Varış zamanındaki Fark Konumlandırma Yöntemi ...	30
2.5.3 Parmak İzi Yöntemi	32
2.6. Takip Sistemleri Ticari Uygulamaları	34
2.6.1. Ekahau Konumlandırma Sistemi	34
2.6.2. Place Lab.....	35
2.7. Yazılım Teknolojileri	36
2.7.1. Android İşletim Sistemi	36
2.7.2. Android Kavramları.....	37
2.7.2.1. Çalışma Durumu	38
2.7.2.2. Duraklatma Durumu.....	39
2.7.2.3. Durdurma Durumu	39
2.7.2.4. İmha Durumu	39
2.7.3. Android Yaşam Döngüsü Aşamaları	39
2.7.3.1. Android Toplam Yaşam Süresi	39
2.7.3.2. Görülebilen Yaşam Süresi.....	40
2.7.3.3. Ön Plandaki Yaşam Süresi.....	40
2.7.4. Android İşletim Sistemi Mimarisi	40
2.7.5. Veri Tabanı Yönetim Sistemleri	40
2.7.5.1. SQLite Mobil Veritabanı.....	41
2.7.5.2. Realm Mobil Veritabanı.....	42
2.7.5.3. Microsoft SQL Server	44
2.7.6. .NET Framework	45
2.7.6.1. ASP .NET.....	46

2.7.6.2. ADO .NET	46
2.7.6.3. Çok Katmanlı Mimari	47
2.7.7. Web Servisleri.....	48
2.7.7.1. XML.....	50
2.7.7.2. JSON	51
2.7.7.3. SOAP.....	51
2.7.7.4. REST API.....	53
3. ARAŞTIRMA BULGULAR VE TARTIŞMA.....	57
3.1. Saha Çalışması	57
3.2. Veri Toplama.....	61
3.3. Konum Tahmini	62
3.3.1. K-en Yakın Komşu (KNN).....	63
3.3.2. Öklid Mesafesine Göre Konum Tahmini Yöntemi.....	65
3.4. Mobil Tabanlı Uygulama	66
3.4.1. Sistem Tasarımı ve Tasarımda Kullanılan Donanımlar.....	67
3.4.2. Mobil Uygulama Veri Girişi.....	69
3.4.3. Mobil Uygulama Konum Tahmini	71
3.4.4. Personel Takip Uygulaması	71
3.5. Saha Uygulama Çalışması.....	75
3.6. Wi-Fi Tabanlı Konumlandırmada Teknik Zorluklar.....	78
4. SONUÇ.....	79
KAYNAKLAR	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Sızıntı Besleyici Kablo örneği [14]	9
Şekil 2.2. Sızıntı Besleyici Kablonun Yerleşimi.....	9
Şekil 2.3. Kablosuz Düğüm Sistemi Yerleşimi [15].....	10
Şekil 2.4. Düğümlerin Alternatif Bağlantısı	12
Şekil 2.5. Personel Takip Sisteminin Yerleşimi [22].....	16
Şekil 2.6. Bölge Bazlı Takip Yapan RFID Sistemi [18].....	17
Şekil 2.7. Okuyucu ve Kapsama Alanı [12].....	18
Şekil 2.8. Ters RFID Sistemi [14].....	19
Şekil 2.9. RSSI Tekniğini Kullanan Düğüm Tabanlı Takip Sistemi [14].....	20
Şekil 2.10. Wi-Fi Sinyallerinin Dalgaboyu ve Frekans Aralığı [23]	21
Şekil 2.11. Bluetooth Sinyallerinin Dalga Boyu ve Frekans aralığı [23].....	22
Şekil 2.12. Hücresel Ağların Dalga boyu ve Frekans Aralığı [23]	23
Şekil 2.13. RFID'nin Kullanıldığı Dalga Boyu ve Frekans Aralıkları [23].....	23
Şekil 2.14. GPS Sinyallerinin Dalga Boyu ve Frekans Aralığı [23].....	24
Şekil 2.15. Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi [35]	30
Şekil 2.16. Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi [26].....	31
Şekil 2.17. Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemi [26].....	31
Şekil 2.18. Kalibrasyon Aşaması	33
Şekil 2.19. Referans Noktası ile Erişim Noktası Arasındaki İlişki [33]	34
Şekil 2.20. Konumlandırma Aşaması	34
Şekil 2.21. Donanım Cihazıyla Birleşmiş Android ve Java Akış Şeması [20]	37
Şekil 2.22. Android Sisteminin Aktivite Yaşam Döngüsü Akış Şeması [20].....	38
Şekil 2.23. Android İşletim Sistemi Mimarisi [20].....	40
Şekil 2.24. Realm Veri Tabanının Özellikleri [55]	42
Şekil 2.25. Realm Get İstatistiksel Karşılaştırması [57]	43
Şekil 2.26. Realm Query İstatistiksel Karşılaştırması [57]	43
Şekil 2.27. Realm İnsert İstatistiksel Karşılaştırması [57].....	44
Şekil 2.28. MSSQL Server Yönetim Aracı	44
Şekil 2.29. .NET Framework [52].....	45
Şekil 2.30. ADO.NET Mimarisi	46
Şekil 2.31. Üç Katmanlı Mimari [52]	47

Şekil 2.32. WEB Servisi Veri Akış Diyagramı.....	48
Şekil 2.33. WSDL Yapısı.....	49
Şekil 2.34. WSDL Çalışma Prensipleri.....	49
Şekil 2.35. XML Dosya Yapısı.....	50
Şekil 2.36. JSON Dosya Yapısı	51
Şekil 2.37. İstemci Talebi	52
Şekil 2.38. Sunucu Cevabı	52
Şekil 2.39. REST API	53
Şekil 2.40. REST Talebi	54
Şekil 2.41. REST Cevap	55
Şekil 3.1. Acrylic Wi-Fi Professional Programı Sinyal Gücü kısmı.....	59
Şekil 3.2. Acrylic Wi-Fi Professional Programı Ağ Kısmı.....	59
Şekil 3.3. Yeraltı Maden Ocağı Çalışma Haritası	60
Şekil 3.4. Çalışma Sahası ve Erişim Noktaları	62
Şekil 3.5. K-en Yakın Komşu (KNN) Yöntemi [54]	64
Şekil 3.6. Ağ tasarımı.....	67
Şekil 3.7. Saha Kayıt Formu	70
Şekil 3.8. Saha Liste Formu	70
Şekil 3.9. Erişim Noktası Formu.....	70
Şekil 3.10. Referans Noktası Formu	70
Şekil 3.11. Konum Tahmin Formu	71
Şekil 3.12. Konum İzleme Uygulama Veri tabanı	72
Şekil 3.13. Kimlik Doğrulama Formu	72
Şekil 3.14. Mobil Cihaz Kayıt Formu.....	73
Şekil 3.15. Personel Kayıt Formu	74
Şekil 3.16. Personel Takip Formu.....	74
Şekil 3.17. Uygulama Krokisi.....	75

RESİMLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Resim 3. 1. Ana Galeriye Kurulumu Yapılan Sistem	67
Resim 3. 2. Erişim Noktaları.....	68
Resim 3. 3. Sunucu ve Mobil Cihaz.....	68
Resim 3. 4. Kesintisiz Güç Kaynağı ve Ağ Anahtarlama Cihazı.....	69



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Mevcut Konumlandırma Teknolojilerinin Karşılaştırılması [17].....	26
Tablo 2.2. REST API Response Kodları.....	55
Tablo 3.1. Test senaryosu 1 için sonuçlar (RN aralığı: 2m)	76
Tablo 3.2. Test senaryosu 2 için sonuçlar (RN aralığı: 1 m)	76



1. GİRİŞ

Madencilik, ülke ekonomisine en fazla katma değer sağlayan önemli çalışma alanlarından biridir. Kömür termik santrallerin elektrik enerjisi üretebilmesi için en önemli ham maddedir. Gelişmiş ülkeler incelendiğinde, maden üretiminde ön sıralarda yer aldığı görülmektedir. Madencilik sektörü birçok riski barındırdığından çalışma alanlarında ileri teknolojinin kullanımı hem iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması hem de verimliliğin artırılabilmesi için önemlidir.

Ülkemizde madenlerde iş sağlığı ve güvenliğine dair hususlar 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanun temel alınarak, 19.09.2013 tarihli 28770 sayılı Resmi Gazete de yer alan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği ile düzenlenmektedir. Mevzuat kapsamında yapılan düzenlemelerle yeraltı maden işletmelerinde haberleşme sistemi kurulmasına ilaveten personel takip sisteminin de kurulması zorunluluk haline getirilmektedir.

Yeraltı madenlerinde çalışan personel ile iletişime geçilebilmesi ve takip edilmesi çok önemli olmakla birlikte, rutin bir şekilde yürütülen işlerin takibi için de çok önemlidir. Dünya genelinde madenlerde gerçekleşen iş kazalarında yeraltında çalışan personelle iletişime geçilebilmesi ve çalışan personelin konumlarının izlenebilmesi, kurtarma çalışmalarının etkin bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu noktada konumlandırma sistemleri önemli bir rol üstlenmektedir.

Konumlandırma sistemleri çalışan personelin konumunu belirlemek için kullanılan teknolojilerdir. Bu sistemler kendine özgü yazılım ve donanımlarla konum belirleme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Günümüzde konum belirleme işlemlerinde yaygın olarak kullanılan GPS ve diğer küresel uydu navigasyon sistemleri açık alanlarda son derece hassas ve doğru sonuçlar vermesine rağmen iç mekân konum belirleme işlemlerinde kullanılamamaktadır.

İç mekânlarda konum belirleme için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları söz konusudur. Yöntem seçiminde konum belirleme sistemi ile ilgili birtakım performans ölçütleri bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı doğruluk, tepki süresi, kapsama alanı, ölçeklenebilirlik olarak sıralanabilir. Bu ölçütler, bir iç mekân konum belirleme sisteminin ihtiyaçlara ne derecede karşılık verebildiğini

gösterir. Bazı sistemler tek başlarına kullanılabilirken, bazı sistemler bir arada kullanılmaktadır.

İç mekân konum belirleme konusunda yapılan akademik çalışmalar aşağıda yer alan paragraflarda özetlenmiştir.

Nidhi Verma [1], Sensör ağlarında daha önceden kullanılmakta olan algoritmaların doğruluğunu artırmak için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yeni yaklaşım hesaplama yoğunluğu ve doğruluğu açısından kullanışlıdır. Öklid örneğinin doğru mesafe ölçümü yapma olasılığı yüksektir. Deneyin farklı ortamlarda gerçekleştirilmesini, sensörlerin konumunu tanımlanmasını ve bu bilgilerin yeni yaklaşımda kullanılması sağlanmaktadır. Trilaterasyon yöntemi ile mobil kullanıcının konumlarını daha kolay bir şekilde hesaplanmaktadır. Bu yöntemle mobil kullanıcının konumunun doğruluğunu artırmak için etkili bir algoritma kullanılmaktadır. Trilaterasyon tekniğinin dezavantajlarının üstesinden gelebilmek için, pozisyon tahmin aşamasında daha fazla araştırma ve geliştirme yapılması gerekmektedir.

Chenshu Wu, Zheng Yang, Yunhao Liu ve Wei Xi [2], iç mekân konum belirleme yaklaşımları çoğunlukla çalışma yapılacak her ortam için yoğun bir araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Yapılan çalışmada saha araştırması ile erişim noktalarının konumları ve güç ayarları hakkında bilgi sahibi olmaksızın mantıksal olarak iç mekân konum belirleme yaklaşımı olan WILL geliştirilmiştir. Bu yöntem Wi-Fi parmak izi ile mobil kullanıcının hareketlerinin birleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Parmak izleri farklı sanal odalara bölünür ve buna göre mantıksal bir kat planı yapılır. Konum belirleme, mantıksal ve gerçek kat planı arasında bir eşleşme sağlanarak elde edilir. Önerilen WILL'i uygulaması binalarda kullanılırsa ortalama oda seviyesinde yüzde 86 doğruluk çalışmakta olup mevcut tasarımlarla rekabet edebilecek seviyededir.

Tareq Alhmiedat, Ghassan Samara [3], çalışma alanını küçük alanlara bölmek için bir segmentasyon süreci tasarlamış ve uygulanmıştır. Önerilen yöntem sadece açık ortamlarda iyi çalışmakta olup karmaşık alanlarda beklenen sonucu verememektedir. Segmentasyon herhangi bir ortamda kullanılabilir, ancak sistem ve izleme alanının

nasıl bölüneceği ile ilgili deneyime ve zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte araştırmaya eklenmesi gereken en önemli gelişme ve iyileştirmelerden biri, diğer konum belirleme yöntemlerini benimseyerek konum belirleme doğruluğunu artırmanın yanı sıra yapay zekâyı kullanarak otonom segmentasyon sürecini iyileştirmektir.

Jun MA, Xuansong LI, Xianping TAO ve Jian LU [4], iç mekân konum belirleme uygulamalarının performansları temel olarak konumlandırma sistemlerinin hassasiyetlerine bağlı olduğu gösterilmektedir. WLAN maliyeti daha düşük olduğundan ve diğer iç mekân konumlandırma tekniklerine (IR, Ultrasonik, RFID, vb.) kıyasla erişimi kolay olduğundan, iç mekân konumlandırma için WLAN kullanımı bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu çalışmada yazar kısaca WLAN tabanlı iç mekân konumlandırmanın temel kısımlarını ve yöntemlerini anlatmaktadır. Ayrıca bazı seçici ön işlemlerin yapılabilmesi için KNN algoritmasının uygulanabileceği önermektedir. Seçici ön işlem için, bazı komşuları filtrelemek yöntemi kullanılmakta olup yapılan işlem Clustering Filtered KNN olarak adlandırılmaktadır. Deneysel çalışmalarda sonuçlar incelendiğinde, CFK'nın çoğu durumda KNN'den daha iyi performans göstermektedir.

Prasithsangaree, P. Krishnamurthy, P.K. Krizantem [5], WLAN'ları kullanarak iç mekân konumunun sistematik olarak analiz edilebilmesi için çalışmada bulunulmuştur. Konumlandırma sistemi kurmak modeller ve metodolojiler oluşturmak için daha fazla veri toplanmasına ve analiz edilmesine ihtiyaç olduğu yazar tarafından anlatılmaktadır. Konumlandırma sistemindeki değişimler ve bunların fiziksel bina mimarisıyla nasıl ilişkili olduğu anlatılmaktadır. Veri tabanındaki ızgaranın belirli bir ayrıntı düzeyi ile belirli bir doğruluk sağlamak için kaç erişim noktasının gerekli olduğu, veri tabanının daha iyi arama hızı için nasıl organize edilmesi gerektiği, erişim noktalarının sinyal yayılımını engellenen ortalama RSS gibi sorunların çözümü için araştırmalara devam edilmektedir.

Zahid Farid, Rosdiadee Nordin ve Mahamod İsmail [6], kablosuz iç mekân konum belirleme teknikleri ve bu konuda yapılan son gelişmeler araştırılmaktadır. Kablosuz iç mekân konumlandırma ve navigasyon için farklı teknolojik çözümler tartışılmakta

ve aralarındaki ilişkiler gözlenmektedir. İç mekân konum belirlemek için kullanılan mevcut çözümler önemli uygulamaların performans gereksinimini karşılayamamaktadır. Özet olarak farklı uygulama ortamları için doğruluk / hassasiyet, kapsama alanı, kullanılabilirlik ve maliyetler gibi kriterlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Hui Liu, Houshang Darabi, Pat Banerjee ve Jing Liu [7], iç mekân konumlandırma kullanılan yöntemler incelenmiş olup yöntemler üzerinde farklı performans ölçüm kriterleri tartışılmakta ve aralarında çeşitli dengeler gözlenmektedir. Örneğin, depolama, robotik veya acil durum gibi farklı uygulama ortamlarındaki konumlandırma sistemlerini ve tekniklerini seçerken konum belirlemede doğru ve kesin sonuçların elde edilebilmesi için ortamın karmaşıklığı dikkate alınması gerekmektedir. Genellikle konum belirlemede parmak izi yöntemi açık alanlar için daha iyi sonuçlar verirken Aktif RFID ise yoğun çalışma ortamları için uygundur. Ölçeklenebilirlik ve kullanılabilirlik açısından bu konumlandırma teknikleri ve sistemleri gerçek ortamlarda uygulandığında kendine has önemli özelliklerine sahiptir. Önerilen yöntem, gelecekte yapılacak çalışmalara entegre edilebilen bir ön çalışma olup burada yöntemin, büyük eşyaların duvarları veya blokları gibi iletim bariyerleri dikkate alınarak uygulanabileceği öngörülmektedir.

Muhammed AH Lubbad, Mahmud Z. Alkurdi, Aiman Abu Samra [8], erişim noktaları ile mobil kullanıcı arasındaki mesafeyi bulmak için önerilen konumlandırma algoritmasına bazı geliştirmeler yapılmış olup mobil kullanıcılara hakkında bilgi edinilebilen Android uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulama ile üç katlı binada mevcut ağ alt yapısına bağlı olan mobil kullanıcının konum bilgisine erişilebilmektedir.

Trung-Kien Dao, Thanh-Thuy Pham, Eric Castelli [9], önerilen model, duvarlar ve zeminler ve RSSI değişkenliği dikkate alınmış olup deneysel çalışmalar engelsiz ortamlarda radyo frekansı sinyali gücünün yayılımına dayanmaktadır. Geometrik hesaplama tabanlı hem de parmak izi tabanlı tekniklerin avantajlarından yararlanılarak Wi-Fi tabanlı RSSI kullanan hibrit bir çözüm geliştirilmiştir. Bu yöntemin çalışma prensibi her bir erişim noktalarından hesaplanan maksimum olasılık toplamı olan noktayı belirlemektir. Çok katlı, odalı ve kalın duvarlı bir binada yapılan deneysel

çalışmalarda Android akıllı telefonlar kullanan mobil kullanicıların konumunun belirlenmesi yüksek doğrulukla elde edilebilmektedir. Konum belirlemede doğruluğu artırmak için izleme algoritmaları, yumuşatma, filtreleme yöntemleri (örnek Kalman ve parçacık filtreleri), harita ve geçmiş bilgileri kombine edilerek artırılabilir.

Yeraltı madenlerinde çalışan personelin anlık olarak konum bilgisine erişebilmek için yeraltı madenlerinde çalışan personelin haberleşmesini sağlayan haberleşme teknolojileri, yeraltı madenlerinde çalışan personelin iş güvenliği kapsamında işveren tarafından sağlanması gereken önlemler, iç mekân konum belirleme yöntemleri ve bu konu hakkında yapılan akademik çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda yeraltı madenlerinde çalışan personelin konumunu belirleyen ve anlık olarak kontrol merkezinden de takibinin yapılabilmesi için istemci sunucu mimarisinde uygulamalar geliştirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında yeraltı madenlerinde kullanılan çeşitli personel takip ve haberleşme teknolojilerine dair bilgi sağlanması, sistemlerin değerlendirilebilmesi ve bu değerlendirmeler neticesinde yeraltı maden sahalarında kullanılması amacıyla mobil tabanlı personel takip sistemi otomasyonu geliştirilmiştir. Bu kapsamda yeraltı maden sahasına Wi-Fi altyapısı kurulmuş ve parmak izi yöntemi kullanılarak mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin seçiminde, sistemin kurulum kolaylığı, düşük maliyeti ve programlamaya uygun bir çözümler olması göz önünde bulundurulmuştur. Uygulama kapsamında parmak izi yönteminin, referans noktası sayısı ve erişim noktası sayısına ne şekilde bağımlı olduğu test edilmiş ve bulgular sonuç bölümünde açıklanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, ölkemizde yeraltı kömür madenciliği mevzuat içerikleri, personel takip sistemlerinin mevcut kullanımları ve çalışma prensipleri incelenmiş olup ayrıca personel konum belirleme uygulamasının teknolojik altyapısı konusu ile ilgili akademik çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatında Personel Takip Sistemleri

Ülkemizin madencilik sektörünün çalışma kuralları 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanunu temel alarak yapılan yönetmelikle madenlerde iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin çalışma koşulları düzenlenmektedir.

Uluslararası Çalışma Örgütü, Dünya Sağlık Örgütü, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ve diğer ilgili uluslararası sözleşme 22 Haziran 1995 tarihinde yayınlanmıştır. Maden İşyerlerinde Güvenlik ve Sağlık Sözleşmesi 5 Haziran 1998 tarihinden bu yana yürürlükte olup, ülkemiz iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı ile temel olarak aynı olmasına rağmen bazı konularda farklılıklar mevcuttur. Maden İşyerlerinde Güvenlik ve Sağlık Sözleşmesi, 24.12.2014 onaylanmış olup 23.03.2015 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Böylelikle söz konusu farklılıkların hepsi uyumlu hale getirilmiştir.

Uluslararası standartları düzenleyen Maden İşyerlerinde Güvenlik ve Sağlık Sözleşmesi ile işverenlere, iş kazalarını önleyici ve koruyucu tedbirler, çalışma güvenliği ve sağlığına ilişkin risk faktörlerinin kaldırılması veya en aza indirgenmesi için önleyici tedbirlerin alınması gerektiği belirtilmiştir. İşveren, çalışan personelin iş güvenliği sağlanmış bir ortamda çalışmasının sağlanması gibi başlıca yükümlülükleri yerine getirmelidir.

Madencilik iş kolu, meydana gelen iş kazaları sayısı bakımından inşaat sektöründen sonra üçüncü sırada yer almaktadır [13]. Ülkemizde madencilik sektöründe jeolojik yapı nedeniyle bazı zorlukları ihtiva etmektedir. Madencilik sektöründeki zorlukların aşılabilmesi için mevzuatta yapılması gereken güncellemelerin yanında teknolojinin madencilğe entegrasyonu önem arz etmektedir.

Tez çalışmasının konusu olan yeraltı maden işletmelerinde madencilerin anlık olarak takip edilmesi gerektiği ile ilgili husus 176 sayılı sözleşmenin 10. Maddesinde açıklanmıştır. Sözleşme maddesine göre işveren; yeraltında çalışan personelin isimleri ile buldukları tahmini konumlarını doğru olarak ulaşılmasını sağlayacak bir sistemi kurmak ve çalıştırmakla yükümlüdür.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca hazırlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde yapılan değişikliği ile 176 sayılı sözleşmenin takip sistemi

ile ilgili olan maddesine uyum sağlamıştır. Yönetmelik kapsamında yeraltı maden işletmelerinde takip sistemi ile ilgili değişiklik “Yeraltı maden ocaklarında, yeraltında çalışacakların giriş-çıkışlarının ve buldukları yerlerin her an doğru bir şekilde yerüstünde takip edilebileceği bir sistem kurulur. Bu sistemde kullanılan ekipmanlar, kablolar ve tamamlayıcı unsurların yeraltında yaşanan göçük, su baskını, patlama, yangın gibi acil hallerde karşı korumalı olması ve bu hallerde de çalışabilir durumda olması sağlanır. Sistem tarafından tutulan kayıtlar en az bir yıl süreyle saklanır.” [12] yapılmıştır.

2.2. Haberleşme Teknolojileri

Haberleşme teknolojileri, elektromanyetik enerjinin verici ve alıcı arasındaki gönderilme ve alınma prensibini temel almaktadır. Elektromanyetik enerji, çevremizde radyo dalgası, ışık ve x-ışını gibi hallerde bulunabilmektedir. Gündelik yaşamımızda kullanmakta olduğumuz birçok alet bu haberleşme sistemlerini kullanmaktadır.

Yeraltı madenlerinde kullanılan haberleşme sistemleri çalışma prensiplerine göre kablolu ve kablosuz sistemler olarak ayrılmaktadır.

2.2.1. Kablolu Haberleşme Sistemleri

Yeraltı madenlerinde eski bir haberleşme sistemi olarak kullanılan diafonlar bas-konuş mantığıyla çalışmaktadır. Diafon haberleşmesi, ana diafona bağlı alt diafonlar kullanılarak gerçekleştirilir. Bu sistemde tek yönlü iletişim gerçekleştirilmektedir. İletişimin tamamlanmasının ardından diafon otomatik olarak kapanır. Bu sistemin en önemli avantajı, acil durum anında diafonların birinde yapılan bildirim diğer diafonlardan sesli olarak duyulabilmesidir. Bu sayede, tüm maden personeli acil durum anında bilgilendirilmiş olmaktadır. Söz konusu sistemin dezavantajı da sistem hattının bulunduğu bir yerde herhangi göçük ya da yangın durumunda, bağlantı hattında oluşabilecek hasar sistemin devre dışı kalmasına neden olmaktadır [14].

Diğer bir kablolu haberleşme sistemi olan sabit telefon, madenlerin hemen hemen hepsinde kullanılmaktadır. Madende kullanılan telefonlar bir birleri ile doğrudan

kabloyla bağlantılıdır. Belirli bölgelere çekilen kablolarla haberleşme ağı oluşturulmaktadır.

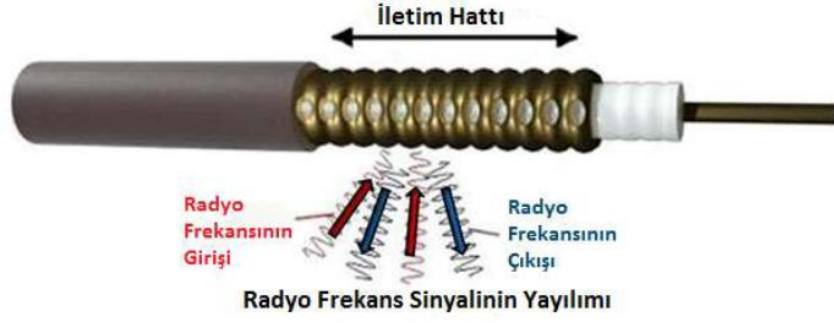
Sabit telefon sisteminde bağlantıyı sağlayan kablolar çok kırılğan olmasından dolayı kolayca kopabilmektedir. Kablo hattında oluşabilecek bir hasar sistemin devre dışı kalmasına neden olmaktadır. Kablolü sistemlerin bağlantı hatlarının birinde arıza veya kopma meydana geldiğinde, iletimin yapılacağı alternatif hat imkânı olmadığından bu sistem de acil durumlarda kullanılamaz hale gelmektedir.

2.2.2. Kablosuz Haberleşme Sistemleri

2.2.2.1. Sızıntı Besleyici Sistemler

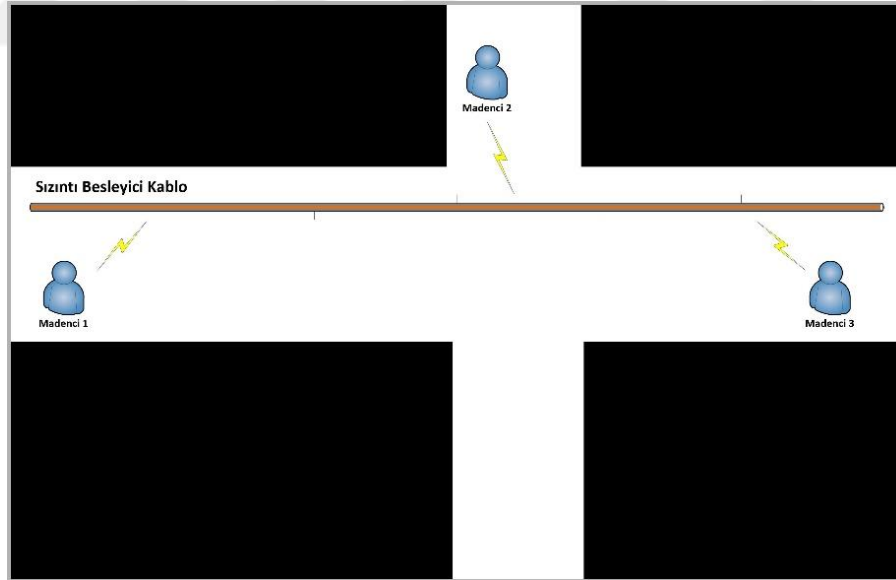
Sızıntı besleyici sistemler, radyo sinyalleri yayabilen ve yakalayabilen kablolardan oluşmaktadır. Sistemler iki yönlü sesli haberleşmede kullanılan, iletilen ve alınan radyo frekansları (RF) ile çalışmaktadır [14]. Yeraltı madenlerinde kullanılan sistemler 150 – 450 megahertz (MHz) frekans aralığında çalışmaktadır. Maden dışındaki diğer uygulamalarda 900 MHz veya 1.8 gigahertz (GHz) yüksekliğine varan seviyelerde de çalışabilmektedir. Haberleşmeyi sağlayan sinyalin kuvveti, sinyal kaynağında ve yükselticide en yüksek noktasına ulaşmakta ve kablo boyunca giderek azalmaktadır. Sinyal gücündeki azalma, sinyalin sızarak dağılmasından ve kablodaki güç kaybından kaynaklanmaktadır. Kablo boyunca ilerleyen sinyalin azalması nedeniyle, sinyal kuvvetini belirli bir düzeyde tutabilmek için ilave yükselticilere gereksinim duyulmaktadır [14].

Sistem, yerüstünde konumlanmış verici, yeraltında konumlanmış yükseltici ve sızıntı besleme kablosundan oluşmaktadır. Yerüstünde vericinin bulunduğu bu bölüm telsiz baz istasyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu istasyon, sızıntı besleme kablosuyla yeraltında bulunan alıcı antenlerle bağlanmaktadır [14]. Madende haberleşme yapılacak bölgelerde sızıntı kablosunun galeri içerisinde veya telsiz galeri içerisinde veya telsizin görüş alanında olması gerekmektedir. Çünkü bu kablo, radyo sinyalini en fazla 75 metre mesafede yakalayabilmektedir.



Şekil 2.1. Sızıntı Besleyici Kablo örneği [14]

Sızıntı besleme kablosu içeriye ve dışarıya radyo sinyalleri sızdırmak suretiyle yerleştirildiği tüneller boyunca sürekli bir kapsama alanı yaratmaktadır. Şekil 2.1.'de gösterildiği üzere, kablonun dış kalkanında, RF sinyallerinin kablo içerisine girip çıkmasına imkân tanıyan açıklıklar bulunmaktadır. Bunlar, kablonun tüm uzunluğu boyunca sinyali yakalayıp iletebilmektedir. RF sinyaline ek olarak kablonun merkezi iletkeni, yükselticiler için doğru elektrik akımı da taşımaktadır [14].



Şekil 2.2. Sızıntı Besleyici Kablonun Yerleşimi

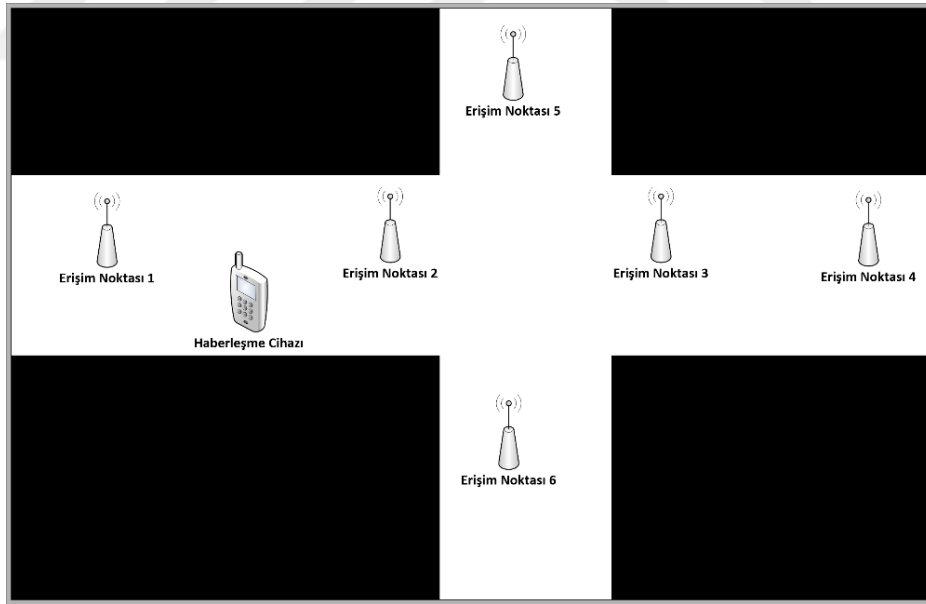
Sızıntı besleme kablosu, telsizin veya telefonun kullanılacağı bölgeye doğru uzatılarak kapsama alanı genişletilebilmektedir. Telsiz, kapsama alanında olması durumunda sızıntı besleyici kablonun yakaladığı sinyalleri iletir. Sinyal, kablo boyunca yayılarak

ilerler. Eğer alıcı telsiz kablonun menzilindeyse, sinyalinı yakalar ve bağlantıyı gerçekleştirir. Şekil 2.2.'de sızıntı besleme kablosu yerleştirilmiş bir yeraltı kömür madeninin krokisi gösterilmektedir [14].

2.2.2.2. Düğüm Tabanlı Sistemler

Düğüm sistemleri, sızıntı sistemlerine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sistem düğümlerden, bir diğer ifade ile erişim noktası/okuyuculardan oluşmaktadır.[14].

Bu sistemler, Şekil 2.3.'de erişim noktaları kablolu altyapı bağlanabilmektedir. Kablo altyapısı olmadan çalışan sistemlere Kablosuz  rg  Ağı (Wireless Mesh Network) olarak adlandırılmaktadır. İki nokta arasındaki haberleşme, telefonların birbiriyle veya yeryüzüyle iletişim kurabilmek için en yakındaki düğüm veya düğümlerle bağlantı kurmasıyla sağlanmaktadır. Haberleşmenin kesintisiz ve düzgün olabilmesi için sistemdeki düğümlerin yeterli sayıda olması gerekmektedir [15].



Şekil 2.3. Kablosuz Düğüm Sistemi Yerleşimi [15]

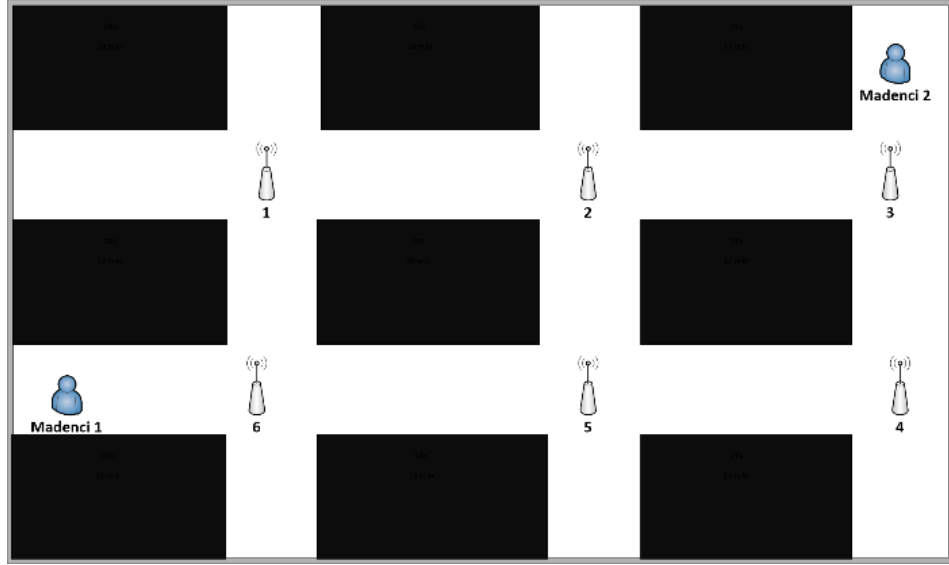
alışan, düğümün kapsama alanına girmesiyle üzerinde bulunan telefon algılanarak, şebeke ile otomatik bağlantı kurmaktadır [14]. Bu alışma prensibine cep telefonlarının modemi algılayarak internete bağlanması örnek gösterilebilir. Ağ

sistemlerinde sesli ve yazılı iletişim kurmak için kullanılan cihazların çoğu (telefon veya telsiz), haberleşme işlevinin dışında bir düğüm gibi davranarak şebekenin kapsama alanını da genişletebilmektedir. Amerika Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi tarafından kablosuz düğüm olarak sınıflandırılan ağ sistemleri, ABD Madenci Yasası'ndaki yeraltı kömür madenlerinde kablosuz haberleşme sistemleri kurma zorunluluğunun şartlarını yerini getirmektedir. Ayrıca iki yönlü sesli, yazılı haberleşme ve konum saptamasının yanı sıra yeraltında sistem kurulumu için az miktarda kablo alt yapısına gereksinin duyulmasından dolayı bu sistem MSHA tarafından da önerilmekte ve ABD'deki yeraltı madenlerinin yaklaşık üçte biri bu sistemleri kullanmaktadır [15].

Düğüm tabanlı sistemlerde bağlantı madencinin elindeki telsizinden okuyucuya sinyal paketinin gönderilmesiyle başlar ve daha sonra bu paket okuyucu tarafından işlenerek diğer okuyucular veya fiber optik kablolar aracılığıyla yeryüzüne iletilir. Düğüm tabanlı haberleşme sistemlerinin özellikleri sistem üreticilerine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir [14] .

Yeraltında bulunan düğümler, maden izleme merkezinde bulunan sunucu ile bağlantılı olmalıdır. Düğümler etiketten veya kablosuz haberleşme cihazından almış olduğu veri paketini işleyerek sunucuya iletmektedir. Düğüm ve sunucu arasındaki kablosuz veri aktarımıyla sağlanmaktadır. Düğümlerin birbirleriyle kablosuz olarak bağlantı kurduğu sistemlerde, veri alternatif rotalarla yeryüzüne iletilebilmektedir. Bu sayede sistem her durumda çalışmayı sürdürebilmektedir [14,16].

Düğüm içerisinde bulunan mikro işlemci, RF aralığındaki telefonu ve diğer düğümlerin kimliklerini tespit etmeye programlanmıştır. İzleme merkezi veya herhangi bir telefon bağlanmak istendiğinde, bilgisayarlar birlikte çalışarak ağlar arasındaki en uygun rotayı belirleyerek haberleşmeyi sağlamaktadır. Şekil 2.4.'de görüldüğü üzere eğer düğümlerden birisini devre dışı bırakan bir olay meydana gelirse, düğümler kaybı fark eder ve bağlantının yeniden kurulabilmesi için yeni bir rota belirler [14,16].



Şekil 2.4. Düğümlerin Alternatif Bağlantısı

Şekil 2.7.'de gösterildiği üzere ultra yüksek frekanslı (UHF) düğüm tabanlı haberleşme sistemleri kaza sonrasında çalışmaya devam edebilmektedir. Kaza sonrasında alternatif iletişim yolu sağlamak için iki şartı sağlanması gerekmektedir. Birincisi; gerektiğinde alternatif bir rota kurabilmek için RF aralığında yeterli sayıda düğüm bulunmalıdır. İkincisi; sistemin otomatik olarak ağları yeniden yapılandırabilecek özellikte olması gerekmektedir [15].

Telsizin ve telefonun düğüm gibi davranarak kurduğu ağ trafiği gerçek zamanlı olarak yapılandırılan geçici bir ağ örgüsüdür. Normal çalışma için yapılandırılan bir örgü ağı için haberleşme rotaları belirli ve sabittir. Sistemdeki her bir düğümün diğer düğümlerle doğrudan kablo ile bağlandığı sistemler tam örgü ağı olarak adlandırılmaktadır. Kısmi örgü ağı ise sistemdeki bir düğümün diğer tüm düğümlere değil, bazı düğümlere bağlı olduğu ağ yapısıdır. Oda-topuk yöntemi gibi geniş alanlara yayılabilen madenlerde tam örgü ağı kurmak mümkün olmayabilmektedir. Şekil 2.4.'deki düğümler, yanındaki ve karşısındaki düğümlerle iletişim kurarak kısmi örgü ağını oluşturmaktadır [19].

2.3. Personel Takip Sistemleri

Yeraltında bulunan çalışanların nerede olduklarının takibi, madencilikte geçmişten günümüze kadar gelen sürekli bir uygulamadır. Çalışanın yeraltına giriş ve çıkışlarında doldurduğu pano veya defter kayıt uygulamaları çok eski yıllardan beri uygulanan bir yöntemdir. Çalışanın panoyu doldurmayı unutması veya hatalı doldurması gibi sebeplerden dolayı üretimin durdurularak sadece bir çalışanın yeraltında olup olmadığının kontrolü yapılmaktadır. Bu geleneksel yöntemin açıklanan nedenlerden dolayı verimli ve güvenli olmadığı görülmektedir. Okuyucu tabanlı elektronik takip sistemi ile bahsedilen problemler çözülmektedir. Çalışanın üzerinde bulunan etiketler sayesinde, yeraltında olup olmadığı anında izleme merkezinde görülebilmektedir. Bu sayede konuyla ilgili insan hatası riski ortadan kaldırılmaktadır [21].

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde bir acil durum esnasında yeraltındaki bütün çalışanların en son bulunduğu konumunun izlemesi ve kayıtların saklanması zorunludur. Yeraltında çalışan personelin konumlarının belirlenmesi ve madenin girişinden üretim bölgesine kadar olan hem birincil hem de ikincil kaçış yolları üzerinden takip edilmesi gerekmektedir [17].

Çalışanın yeraltındaki gerçek konumu ile takip sisteminin hesaplamış olduğu konum arasındaki fark "Tahmin Edilebilir Doğruluk" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama, takip sisteminin, sistematik hata ölçüsü ya da sapmasının ölçüsüdür [22]. Bu tanım konum belirleme hassasiyeti olarak da tanımlanmaktadır.

Yeraltı maden işyerlerinde çalışanların sağlığının ve güvenliğinin korunmasına, bir başka ifadeyle, işyerinde oluşabilecek risklere karşı gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olabilecek araç ve gereçlerin eksiksiz bulundurulması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda personel takip ve haberleşme sistemlerinin yeraltı maden işyerlerinde etkili bir şekilde kullanılması son derece önemlidir. Söz konusu sistemlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden faydalarının yanı sıra verimlilik açısından da birçok faydası bulunmaktadır. Saha çalışması kapsamında tespit edilen faydalar genel olarak sıralanacak olursa:

- Yeraltında çalışan personelin izlenebilmesi,
- Acil bir durumda, yeraltında çalışan personelin konumunun belirlenebilmesi,

- Yeraltında çalışan personelin, tehlikeli alanlara ulaşımının engellenmesi,
- İşyerinin tüm personele uyarı gönderilebilmesi,
- Acil bir durumda, kurtarma ekibini hızlı ve etkin bir şekilde yönlendirerek yeraltında çalışan personelin tahliye edilmesi,
- Yeraltında çalışan personelle iletişim imkânı sağlanarak iş kazası durumlarının önlenmesi,
- Acil bir durum anında sesli ve yazılı olarak tehlikeli, kaza, kaçış yolu güncel durum hakkında haberleşmenin sağlanabilmesi,
- Ekipmanlarının uzaktan kontrolünün sağlanması,
- Çalışma sahasıyla ilgili birçok verinin arşivlenmesi,
- Kazanın önceden tahmin edilmesi,

olarak sıralanabilir [19].

2.3.1 Manuel Takip Sistemleri

Yeraltı maden ocağı vardiya sorumlusu vardiyada çalışacak personelin görev yapacağı yerleri gösteren, isim çalışma yeri çizelgesi hazırlamakla sorumludur. Yeraltında çalışma süresi içerisinde çalışan personelin çalışma yeri değişikliklerini vardiya sorumlusu haberleşme cihazlarıyla yer üstüne bildirir ve isim çalışma yeri çizelgesi güncellenir.

Yeraltı maden ocağına giren çıkan personelin takibi için lambahane kayıt sistemi, defter tutulması ve tike sistemi kullanılmaktadır. Lambahane kayıt sisteminde vardiya öncesi tertip bölümünde, vardiyaya başlayacak olan çalışan lambasını aldığı takdirde o çalışanın yeraltına girdiği varsayılmaktadır. Vardiya sonunda da yeraltından çıkan çalışan, lambasını lambahaneye bıraktığında yeraltından çıktığı anlaşılmış olur. Defter uygulamasında, çalışanın yeraltına giriş ve çıkış saatlerini deftere yazarak tutulmaktadır. Tike uygulamasında çalışanların metal para büyüklüğünde tike olarak adlandırılan metal jetonları bulunmaktadır. Çalışan madene giriş esnasında tikesini tike tahtasına asarak yeraltına girer. Tike tahtasında çalışanın isim bölümünde tikesi varsa yeraltında olduğu varsayılmaktadır [19].

2.3.2. Elektronik Takip Sistemleri

Elektronik takip sistemlerinin amacı, yeraltında bulunan çalışanların kimlik tespitinin yapılması ve yaklaşık olarak konumlarının belirlenmesidir. Maden izleme merkezi, yerüstünde bu bilgileri toplayarak, yeraltında yaşanacak olası bir acil durum anında kurtarma ekiplerinin operasyonlarının etkin ve hızlı bir şekilde planlayabilmelerine ve arama alanını daraltmasına olanak sağlamaktadır [14].

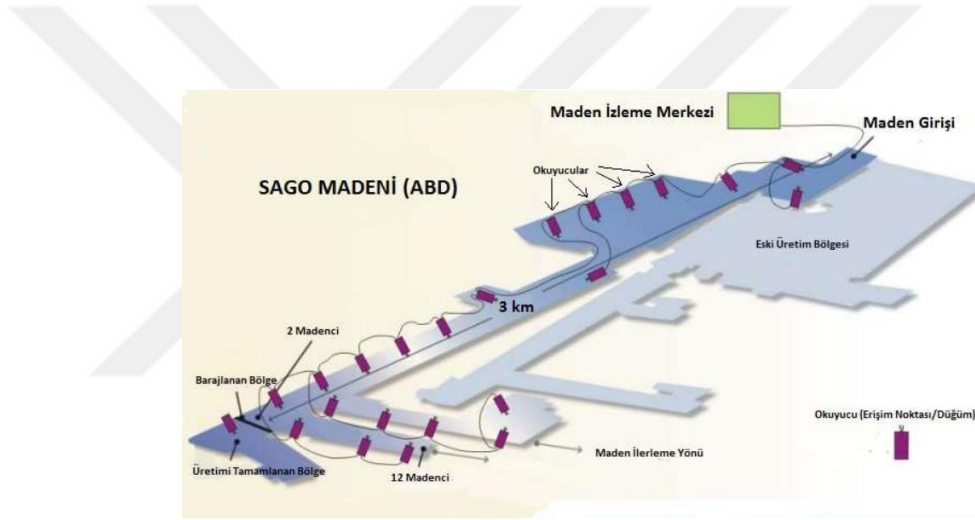
Elektronik takip sistemleri sistemin çalışması için gerekli altyapının kablolu veya kablosuz olmasına bağlı olarak iki grupta incelenebilir.

2.3.4. Takip Sistemi Uygulamaları

Radyo frekans tanıma yöntemini kullanan sistemler:

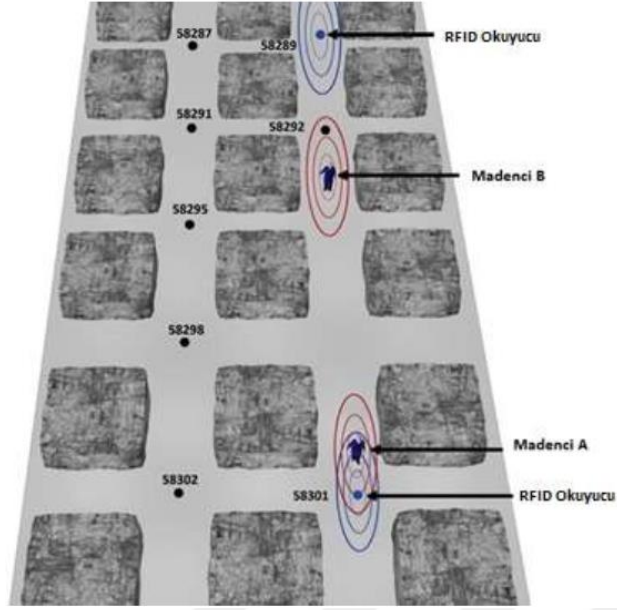
Radyo frekans tanıma yöntemi günlük yaşamımızda en sık rastladığımız en yaygın kullanılan yöntemdir. Büyük mağazalarda ürün kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Mağaza giriş ve çıkışlarına yerleştirilen dikey sensör plakalarından geçmek zorunda olan müşteri almış olduğu ürünün ödemesini yapmadan mağazadan çıkarsa alarm sistemi devreye girmektedir. Satın alınan ürünün üzerinde elektronik devre içeren küçük bir etiket bulunmaktadır. Mağaza çıkışında dikey olarak konumlandırılan levhalar devamlı surette RF sinyali yayını yapmaktadır. Eğer Okuyucu sinyali herhangi bir etikete ulaşırsa, etiket sensör plaka tarafından tespit edilen ve okunan bir yanıt gönderir ve alarm çalar. Ödemesi yapılan ürünün içinde bulunan etiketin çalışmasını durdurmak için tezgâhın üzerinde bulunan bir yere sürülerek etiketin etkinliği sonlandırılmaktadır. Radyo frekansı ile tanımlama yöntemi bunun gibi güvenlik sistemleri için kullanılmaktadır. Mağazalarda kullanılan ürün üzerine yerleştirilen etiketlerde dâhili bir güç kaynağı yoktur. Bu nedenle etiketler pasif etiket olarak adlandırılmakta olup etiket pasif durumdadır ve okuyucu tarafından sorgulanana kadar hiçbir RF sinyali göndermez. Etiket, plakalardan geçişi sırasında okuyucudan gelen sinyalden küçük bir miktar RF enerjisini absorbe eder ve bunu yanıt göndermek için kullanır. Sistemin çalışabilmesi için okuyucu ve etiketin arasında mesafe oldukça yakın olmalıdır. Mesafe genellikle birkaç metre olup okuyucu plakalar buna göre yerleştirilmelidir. Pasif etiketler dâhili bataryaları olmadığından maliyetleri düşüktür [14].

Yeraltındaki çalışanların konumları RF kullanılarak izlenebilmektedir. Etiket-okuyucu arasındaki mesafeyi artırmak için aktif etiketler kullanılmaktadır. Aktif etiketler, sinyal iletimini sağlayabilmek için dâhili bir bataryaya sahiptir. Yeraltındaki çalışan personelin ismine tanımlanmış bir etiket taşımaktadır. Madenci okuyucunun RF aralığında her geçtiğinde, o etiketi sorgulamaktadır. Okuyucu, tespit bilgisini kablolu veya kablosuz olarak maden izleme odasına gönderir. Sistemde kullanılan okuyucuların konumu tanımlanır ve bu bilgiyle etiketle okuyucu arasındaki mesafeyi belirli algoritmalar kullanılarak hesaplar ve izleme merkezine iletildiğinde merkezdeki personel, yeraltında çalışan personelin okuyucu konumundan belli bir uzaklıkta olduğunu izleme ekranından takip edebilmektedir. [14]. Şekil 2.5.'de bir madenin personel takip sisteminin yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Personel Takip Sisteminin Yerleşimi [22]

Şekil 2.6.'da gösterilen RFID sisteminde her okuyucunun konum bilgisi sisteme tanımlanmıştır. Okuyucunun kapsama alanını mavi renkte gösterilmektedir. Yeraltında çalışan personelin etiketinin kapsama alanını kırmızı renkte gösterilmektedir. A çalışanı 58301 ID numaralı okuyucunun kapsama alanında olduğu görülmektedir. B çalışanı ise, hiçbir okuyucunun kapsama alanında değildir. Ancak B çalışanı, 58289'daki okuyucudan yeni ayrılmış olduğu için en son ayrıldığı bölgede gözükecektir. Her okuyucu kendi kapsama alanındaki etiketleri tespit edebilmektedir [14].



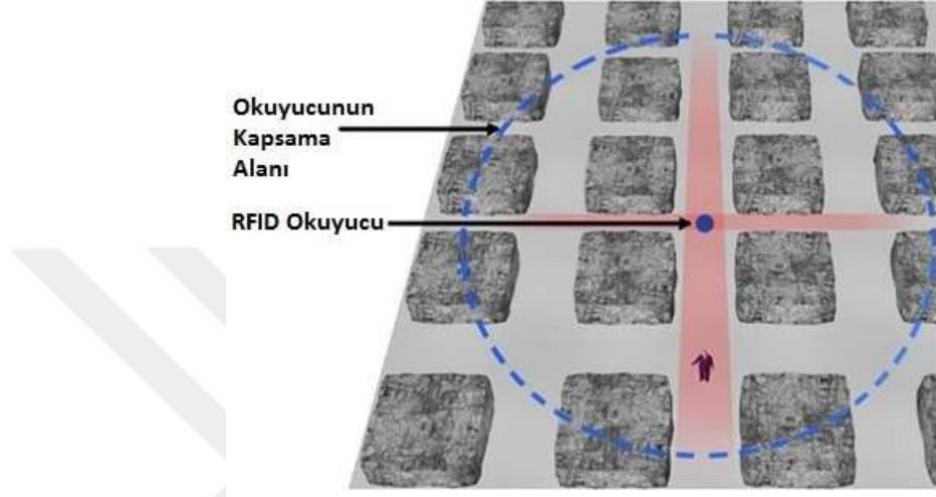
Şekil 2.6. Bölge Bazlı Takip Yapan RFID Sistemi [18]

Şekil 2.6.'da gösterilen takip sistemi, haberleşme sisteminden bağımsız olarak çalışmaktadır. İki sistemi aynı altyapıyı kullanması maliyet ve sistem işletimi yönünden daha uygundur. Bazı kurulu sistemlerde, okuyucular takip etikleri etiketlerin konum bilgilerini haberleşme sisteminde kullanılan sızıntı besleme kablosu üzerinden izleme merkezine aktarabilmektedir [14].

Bölge esaslı çalışan takip sistemleri çeşitli frekanslarda ve özelliklerde olabilmektedir. Üreticiler sistemi oluşturan ürünleri kendilerine has özelliklerde geliştirmektedir. Bu esneklikler değerlendirilecek olursa, bir okuyucunun kapsama alanı yaklaşık 100 metre çapına kadar çıkabilmektedir. Şekil 2.7.'da gösterildiği üzere, okuyucu kapsamında olup tanımlanan çalışan, 100 metre yarıçaplı bir daire içerisinde. Yeraltında çalışan personelin bulunabileceği tahmini alan belirlenmiş olmaktadır. Okuyucunun kapsama alanı paralel galeriyi de kapsıyor rağmen çalışanın paralel galeride olması beklenemez çünkü okuyucu ve etiket arasında engelsiz düz bir hattın olması gerekmektedir. Bundan dolayı çalışanın, kırmızı renkli bölgelerde olması olasıdır [14].

Yeraltında çalışan personelin konumundaki en küçük değişiklik takip sisteminin hassasiyeti olarak adlandırılmaktadır. Çalışanın pozisyonu okuyucunun konumuyla

ilişkili olup sistemin hassasiyeti okuyucular arasındaki mesafeyle belirlenir. Takip sisteminin hassasiyet artırılmak için sistemde var olan okuyucu sayısının artırılması gerekmektedir. Okuyucu sayısının artırılması sistemin kurulum ve bakım maliyetini artırmasına rağmen acil durum yönetimine, kazaların önlenmesine ve üretim verimliliğine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır [14].



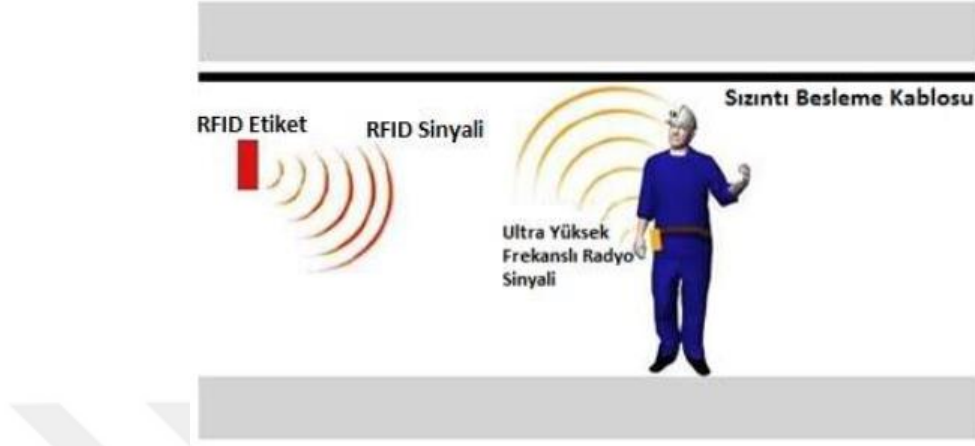
Şekil 2.7. Okuyucu ve Kapsama Alanı [12]

Ters radyo frekans tanımlama yönteminin kullanan sistemler:

Ters RFID sisteminde, yeraltında çalışan personel okuyucu taşımakta ve etiketler belirli mesafelerde galeri boyunca yerleştirilmektedir. Sistemin çalışması radyo frekans yöntemi aynıdır. Bu sistem sabit kısım etiket, hareketli kısım okuyucu olacak şekilde tasarlanmıştır. Yeraltında çalışan personel üzerinde bulunan okuyucu, galeri boyunca yerleştirilen etiketin konum bilgisini mevcut ağ üzerinden maden izleme merkezine iletmektedir. Şekil 2.8.'de personel üzerinde okuyucu üzerinde toplanan verilerin sızıntı besleme kablosu aracılığıyla transfer edilen ters radyo frekans tanımlama sistemi gösterilmektedir [14].

Yeraltında çalışan personel üzerinde bulunan okuyucu etiketin göndermiş olduğu sinyali alır ve sızıntı besleyici kablosu üzerinden maden izleme merkezine iletimi gerçekleştirilmektedir. Personelin konumunun belirlenebilmesi ve tahmini doğruluğunun artırılabilmesi için çok sayıda etiket kullanılabilir. Etiketlerin kurulum maliyeti okuyuculara oranla daha uygun olması, düşük güç tüketimi ve batarya

ömürlerinin uzun olması gibi avantajlar bu sistemin tercih edilmesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır [18].



Şekil 2.8. Ters RFID Sistemi [14]

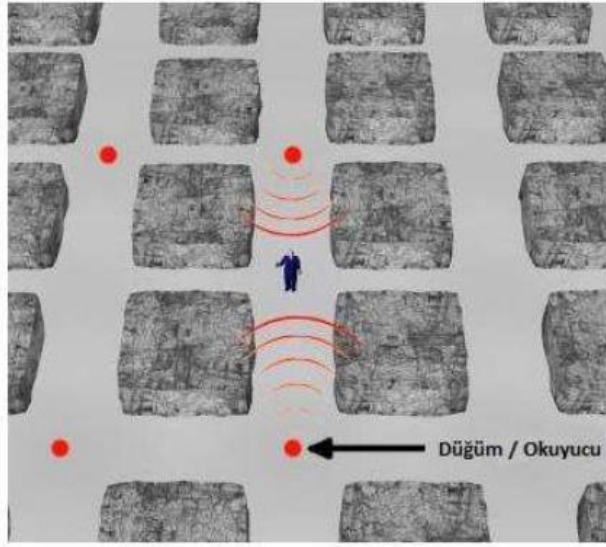
Kablosuz altyapıyı kullanan takip sistemleri:

Sistem sabit olarak konumlandırılmış düğümlerin bilinen konumlarını referans noktaları olarak kullanır. Yeraltında çalışan personelin takip edilebilmesi için telefon, telsiz gibi ekipmanlar kullanımına sunulmakta olup her takip aracı kendine has kimlik numarasına sahiptir. Sabit olarak konumlandırılmış her bir okuyucu, sistemde tanımlı telsiz, telefon gibi takip cihazlarıyla bağlantı kurmaktadır. Kurulan bu bağlantılarla yeraltında çalışan personelin konumu belirlenebilmektedir. Sistemin çalışma prensibi bölge bazlı okuma yapan RFID sistemleriyle paralellik göstermekte olup, sistemin hassasiyeti düğüm sayısı ve aralığıyla değişmektedir [18].

Düğüm tabanlı sızıntı besleme haberleşme sistemleri, RSSI tekniğini uygulanabilmesi için gerekli bileşenlere sahiptir. Düğüm tabanlı sistemlerde okuyucular personelin telefonundan gelen sinyal gücü ölçümlerini yapabilmektedir. Düğüm tabanlı sistem yeraltında çalışan personelle haberleşmeyi ve personel takibini yapılabilmektedir [18].

Düğümlerdeki okuyucuları sistemin haberleşme ve takip işlemlerini sağlayabilecek şekilde konumlandırılarak, personel üzerinde yer alan haberleşme cihazının, okuyuculardan sinyal almasını ve sinyal güçlerinin belirlenmesini sağlayacaktır.

Sinyal paketlerinin, hangi okuyucudan ulaşıldığına dair bilgiyi içermektedir. Bazı sistemlerde, madenciye ait sinyal bilgileri telefonundan toplanır ve analiz için maden izleme merkezinde değerlendirmeye tabi tutulmaktadır. Diğer sistemlerde, çalışan personelin telefonundan okuyucuya gelen sinyal güçleri karşılaştırılır. Çalışan personelin konum bilgisi işaret güç göstergesi (RSSI) algoritmalarının kullanılmasıyla belirlenebilmektedir. Şekil 2.9.'de düğüm tabanlı takip sisteminde okuyuculardan gelen radyo frekans sinyalleri gösterilmektedir [14,18].



Şekil 2.9. RSSI Tekniğini Kullanan Düğüm Tabanlı Takip Sistemi [14]

Yeraltı madeninde alınan işaret güç göstergesi (RSSI) konum belirleme performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Düğüm ve etiketin arasındaki görüş hattını daraltan ana sebepler yeraltında kullanılan makineler, ekipmanlar, tahkimat ve galerilerdeki dönüşler olarak sıralanabilir. Bu nedenlerden dolayı, iki düğüm arasında bulunan çalışanın konumunun tahmininde sapmalar olabilmektedir.

2.4. Elektronik Takip Sistemlerinde Konumlandırma Teknolojileri

İç ortam konum belirleme için geliştirilen teknolojiler, temel aldığı çalışma prensiplerine göre kategorilere ayrılarak incelenebilir.

- Elektromanyetik dalgalar
- Eylemsizliğe dayalı navigasyon
- Ultrasonik dalgalar

Aşağıda iç ortam konumlandırmada kullanılan teknolojiler konu başlıkları altında incelenmektedir.

2.4.1. WLAN/Wi-Fi

Günümüzde yaygın şekilde kullanılmakta olup 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandında çalışan WLAN (Wireless Local Area Networks, IEEE 802.11) iç ortam konum belirlemek için kullanılmaktadır. Şekil 2.10.'de Wi-Fi sinyallerinin frekans ve dalga boyu gösterilmektedir. Wi-Fi teknolojisi günümüzde yaygın şekilde kullanılmakta olup üretilen teknolojik her cihaz bu standartta bünyesinde barındırmaktadır. Bu standartın yaygın olarak kullanılmasında dolayı iç ortam konum belirlemek için yoğun bir ilgi görmektedir.

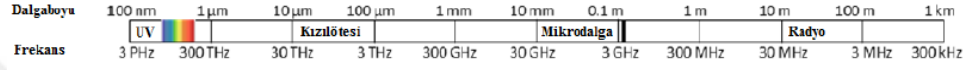


Şekil 2.10. Wi-Fi Sinyallerinin Dalgaboyu ve Frekans Aralığı [23]

IEEE 802.11 yerel kablosuz ağda kullanılmakta olup kapsama aralığı 50 m ile 100 m arasında değişmekte ve veri aktarım hızı 11,54 veya 108 Mbps hızına kadar çıkabilmektedir [24]. Bu yüzden iç ortam konumlandırma için tercih edilmektedir. Mevcut WLAN yapısı kullanılarak bireysel ve ticari uygulama geliştirmeye açıktır. Ortamda bulunan Wi-Fi erişim noktaları sayesinde üçgenleme veya parmak izi yöntemi kullanılarak konum belirleme işlemi gerçekleştirilir. Wi-Fi tabanlı parmak izi yönteminde mobil cihazdan alınan gerçek zamanlı sinyaller, veri tabanında kayıt edilmiş referans noktalarının sinyalleri ile karşılaştırılarak konum tespiti yapılır. WLAN altyapısı kullanılarak geliştirilen sistemlere örnek olarak Meridian, Navizon, WiFiSlam (Apple tarafından geliştirilen), Cisco, PoleStar, Aisle411, vb gösterilebilir [25].

2.4.2. Bluetooth

Bluetooth teknolojisi 2.4 GHz ISM bantta çalışmakta olup IEEE 802.15 standardına uygun olarak geliştirilmiştir. Bu teknolojinin veri aktarım hızı 1 Mbps ve kapsama alanı 10 ila 15 m arasında değişmektedir. Bluetooth teknolojisinin kapsama alanı ve hız olarak WLAN teknolojisine göre daha düşüktür. Mobil cihazlar Wi-Fi ve bluetooth modülü olacak şekilde üretilmektedir. Güç tüketimini düşük, maliyeti uygun olması ve güvenli veri aktarımı yapılabilir olması mobil cihazlar arasında veri aktarımı için kullanılan teknolojidir [26]. Şekil 2.11.'de Bluetooth sinyallerinin dalga boyu ve frekans aralığı gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Bluetooth Sinyallerinin Dalga Boyu ve Frekans aralığı [23]

İç ortamda yerleştirilen her bir Bluetooth etiketi benzersiz bir kimliğe sahiptir. Belirli noktalara yerleştirilen Bluetooth etiketlerin yaymış olduğu sinyal ile mobil etiketin mesafe tahmini yapılabilir. Konum tahmin işlemi için elde edilen sinyal güçlerine üçgenleme yöntemi uygulanarak konum belirleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir [27].

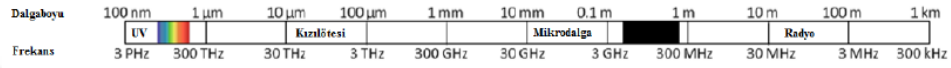
Bluetooth teknolojisinin güç tüketimini düşük ve maliyetinin uygun olması konumlandırma sistemi için en önemli avantajı iken mobil cihazın konumunun belirlenmesi için gerekli aşamaların tekrar tekrar çalıştırılması sistemin çalışmasında dezavantaj oluşturmaktadır. Sistemin her konum belirlemede çalıştırılması 10-30 saniye gibi gecikmelere yol açmakta olup bu durum güç tüketimini artırmaktadır. Ayrıca konumlandırma işleminin yapılabilmesi için çalışma yapılacak alana Bluetooth etiketlerinin yerleştirilmesi diğer bir dezavantajdır [26].

2.4.3. GSM (Hücreli Ağlar)

Hücreli ağ teknolojisi iç ortam konumlandırma sistemlerinde kullanılmakta olup mobil cihazların GSM altyapısından faydalanmaktadır. Bu teknoloji yaygın bir alanda

kullanılmakta olup kapsama alın 35 km gibi bir kapsama alanına sahiptir. GSM teknolojisinin kapsama alanı WLAN kapsama alanından daha büyük olmasına rağmen konum belirleme işleminde düşük doğrulukta çalışmaktadır. GSM altyapısı konum tabanlı servisler ve acil yardım gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [23].

Şekil 2.12’de Hücresel ağların dalga boyu ve frekans aralığı gösterilmektedir. Mobil cihazı konumunu belirlemek için aktif bir bağlantıya ihtiyaç duyulmamaktadır. GSM ağında mobil cihazların iletişim kurabilmesi için aynı frekansta lisanslı bantlarda çalışması gerekmektedir [28].

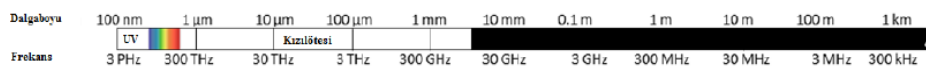


Şekil 2.12. Hücresel Ağların Dalga boyu ve Frekans Aralığı [23]

Mobil takip sistemlerinde mobil cihazın konumunu tahmin edebilmek için GSM radyo kulelerinden faydalanılmaktadır. Bu sistemler GSM tabanlı parmak izi yöntemi olmakla birlikte mesafe ve açı tabanlı GSM konumlandırma yöntemleri de kullanılmaktadır [29].

2.4.4. RFID (Radio Frequency Identification)

RFID sistemi alıcı-vericilerden etiketlerden oluşmakta olup etiketlerin dâhili enerji birim olanlar aktif, olmayanlar pasif olarak adlandırılmaktadır. Sistem aktif veya pasif etiket ve bunları okuyan antenlerden oluşmaktadır. Takip amaçlı kurulan RFID sistemi kişi veya nesnelere otomatik tanımak için yerleştirilen RFID etiketten yayılan sinyalleri RFID okuyucusu ile okunarak yer tespiti yapılmaktadır [23]. Şekil 2.13.’de RFID teknolojisinin kullanıldığı dalga boyu ve frekans aralıkları verilmektedir.



Şekil 2.13. RFID'nin Kullanıldığı Dalga Boyu ve Frekans Aralıkları [23]

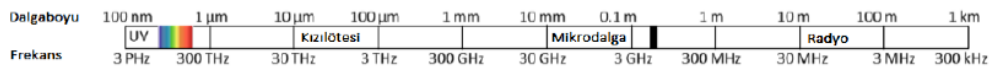
RFID okuyucu ile etiketler arasındaki veri alışverişi radyo frekansı üzerinden gerçekleştirilmektedir [29]. Etiketler aktif ve pasif olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır.

Pasif etiketler dâhilinde herhangi bir enerji kaynağı yoktur. Bu etiketleri okuyan cihazların antenlerinden oluşan elektrik akımı sayesinde pasif etiketler okunabilmektedir. Bu sebepten dolayı etiketlerin çalışma süresi aktif etiketlere göre daha uzun ve maliyet açısından daha uygun olmakla birlikte kapsama alanı 1-2 m aralığını geçmemektedir [29]. Sistemi oluşturan okuyucular etiketlere göre maliyeti yüksektir.

Aktif etiketler dâhilinde enerji kaynağı olmakla birlikte veri iletişimini sağlayan alıcı-vericiler yer almaktadır. Etiketın çalışma prensibi pasif etiketle aynı olmasına karşın veri alışverişinde kullanılan frekans aralığı farklıdır. Etiketın sistemde kullanımı ile kapsama alanı onlarca metre olacak şekilde artırılabilir [29].

2.4.5. GPS/GNSS (Yüksek Hassasiyetli)

GPS teknolojisi konum belirlemek için uydu sistemini kullanmaktadır. Uydu sistemleri sayesinde mesafe ölçümleri yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmektedir. Sistem konum belirlemeyi 1 m ile 5 m'ye kadar hesaplayabilmektedir [30]. GPS sistemi dış ortamda çalışmasına rağmen iç ortamda çalışmamaktadır. GPS sistemi uydu sinyalleri sayesinde konum bulunduğu için dış ortamda performanslı çalışmasına rağmen iç ortamda uydu sinyallerinin kaybolmasından dolayı çalışmamaktadır. Şekil 2.14.'de GPS sinyallerinin dalga boyu ve frekans aralığı koyu renk ile gösterilmektedir.



Şekil 2.14. GPS Sinyallerinin Dalga Boyu ve Frekans Aralığı [23]

İç ortam konumlandırma işlemi gerçekleştirmek amacıyla yüksek hassasiyetli GPS sistemi geliştirilmiştir. Yüksek hassasiyetli GPS alıcıları ile takip gerçekleştirilebilmesine rağmen sinyallerin iç ortamda yer alan çeşitli engellerden geçerken zayıflaması veya yansması sistemin iç ortamlarda istikrarlı çalışmasını engellemektedir [30].

2.4.6. Hibrit Teknolojiler

Mobil cihazların konumlarını belirleyebilmek amacıyla bir birbirinden farklı konumlandırma teknolojileri kullanılarak hibrit teknolojiler geliştirilmiştir. Bu yaklaşımdaki amaç konum doğruluğunu artırırken kullanılan teknolojilerin dezavantajlarını giderip istikrarlı bir çözüm ortaya koymaktır.

İç ortam konum belirleme yöntemlerinde kullanılan parmak izi yöntemi yapılan literatür araştırmalarında ortamda bulunan tek kaynak sinyal kullandığı gibi performansı artırmak amacıyla bir çok sinyal birlikte kullanıldığı olmuştur. Birlikte kullanılan sinyal teknolojilerine örnek olarak Wi-Fi ve Bluetooth, Wi-Fi ve GSM gösterilebilmektedir. Bu hibrit konumlandırma teknolojileri de literatürde sıklıkla yer almaktadır.

Tablo 2.1’de konumlandırma için kullanılan mevcut konumlandırma teknolojilerinin karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Tablo 2.1. Mevcut Konumlandırma Teknolojilerinin Karşılaştırılması [17]

Teknoloji	Doğruluk	Konumlandırma Yöntemi	Güç Tüketimi	Maliyet	Açıklamalar
GPS	6m-10m	Variş Zamanı	Çok fazla	Yüksek	<ul style="list-style-type: none">• Uydu tabanlı konumlandırma• İşlem ve hesaplama süresi yavaş• İç ortamlarda performans düşük
Kızılötesi	1m-2m	Yaklaşma, Variş zamanı	Düşük	Orta	<ul style="list-style-type: none">• Kısa mesafe tespiti• Çoklu yola duyarsız
Wi-Fi	1m-5m	Yaklaşma, Variş Zamanı, Parmak izi ve RSSI yayılım modeli	Yüksek	Düşük	<ul style="list-style-type: none">• Her yerde altyapısı mevcut• İlk kurulum maliyeti• Çoklu yola az duyarlı
Ultrasonik	3cm-1m	Variş zamanı, Variş açısı	Düşük	Orta	<ul style="list-style-type: none">• Çevreye duyarlı• Çoklu yola duyarsız
RFID	1m-2m	Yaklaşma, Variş zamanı, RSSI yayılım modeli	Düşük	Düşük	<ul style="list-style-type: none">• Cevap süresi yüksek• Manuel programlama
Bluetooth	2m-5m	RSSI parmak izi, RSSI yayılım modeli	Düşük	Yüksek	<ul style="list-style-type: none">• Veri transfer hızı düşük• Hareketlilik kısıtına sahip
ZigBee	3m-5m	RSSI parmak izi, RSSI yayılım modeli	Düşük	Düşük	<ul style="list-style-type: none">• Düşük iletim hızı• Düğümler çoğunlukla etkisiz
FM	2m-4m	RSSI parmak izi	Düşük	Düşük	<ul style="list-style-type: none">• Nesnelere daha az duyarlı• Sinyal güçlüdür, bu nedenle geniş alanları kapsar

2.5. Elektronik Takip Sistemlerinde Konumlandırma Yöntemleri

İç ortam konumlandırma probleminin çözümü için akademik ve endüstriyel alanda birçok yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler model tabanlı ve parmak izi tabanlı olmak üzere iki kategoride incelenmektedir. Üçgenleme ve yaklaşma gibi

model tabanlı yöntemler, sinyal yayılımı modeli üzerine çeşitli geometrik modelleri kullanarak mesafe ölçümünü gerçekleştirilmektedir [34]. Sinyal yayılım modelini etkileyen çeşitli çevresel etkenlerden dolayı sinyal yayılımında sönümlenmeler veya yansımalar gerçekleşebilmektedir. Bu durumlarda sinyal yayılımı güvenilir şekilde modellenemeyeceğinden istenilen sonuçlar elde edilemeyebilir. Parmak izi tabanlı yöntemle mobil cihazın yerini belirleyebilmek için ortamda bulunan sinyallere çeşitli sınıflandırma yöntemleri uygulanır. Aşağıda alt başlıklarda Model tabanlı ve parmak izi tabanlı yöntemler incelenmektedir.

2.5.1. Model Tabanlı Yöntemler

2.5.1.1. Yakınlık

Mobil cihazın konumunu belirlemek için bilinen referans noktaların pozisyonunu kullanan yöntemdir. Mobil cihazın pozisyonu, en yakın referans noktaya göre belirlenmektedir.

Yakınlık tabanlı yöntemde mobil cihaz konum bilgisi bir referans nokta ya da birçok referans noktaya bağlı olarak belirlenebilmektedir [34]. Bir noktaya göre yapılan konum belirleme mobil cihazın konumunun referans noktayı konumu ile uyumlu olduğu varsayılmaktadır. Bir noktaya göre yapılan konum belirleme işlemlerinde hata oranı yüksek olabilmektedir. Birden çok referans noktasına göre yapılan konum belirlemede tahmin edilen konum bilgilerinin ortalaması alınmaktadır. Mobil cihaz konumu sinyal gücü yüksek olan referans noktasına daha yakın olduğu varsayılmaktadır [34].

Yöntem çevresel faktörlerden etkilenmesinde dolayı referans noktalarına bağlı yakınlığın belirlenmesi zorlaşmaktadır. Mobil cihazlar ile erişim noktalarından gelen sinyal güçleri bir biriyle ilişkilendirilmektedir. Erişim noktalarının kapsama alanı ve sinyallerin yayılmasından dolayı mobil cihazlar kendilerine en uzak noktaları yakın gibi görebilmektedir. Bu durumlar mobil cihazın konumunu hatalı belirlenmesine yol açabilmektedir [27].

2.5.1.2. Üçgenleme

Üçgenleme yöntemi, yön tabanlı ve mesafe tabanlı olarak iki kategoride incelenmektedir. Mesafe tabanlı yöntem referans nokta ile mobil cihaz arasındaki mesafeyi ölçümlenmektedir [34]. Mesafe ölçme işleminde sinyal gücünün yayılımı ve sinyalin varış zamanı dikkate alınmaktadır. Zaman tabanlı mesafe ölçümünde Sinyal Varış Zamanı, Sinyal Varış Zamanındaki Fark, Uçuş Zamanı gibi birçok yaklaşım kullanılabilir [35].

Açı tabanlı yöntemde mobil cihaza ulaşan sinyallerin geliş yönü ve açısı dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Sistemde bulunan erişim noktalarının yayınlamış olduğu sinyallerin bir biriyle kesişimi kullanılarak mobil cihazın konumu belirlenir. Bu yöntemde mobil cihazın görüş alanı içerisinde olmayan erişim noktaları kullanılamamaktadır. Mobil cihaza gelen sinyallerin geliş açılarını hesaplamak için ek donanım gerektirmesi dezavantaj oluşturmaktadır. Konumlandırma için ek bir donanıma ihtiyaç duymasından dolayı bu yaklaşım tercih edilmemektedir [34].

2.5.2. Sinyal Metriklerine Göre

Mobil cihazın konumunun belirlenebilmesi için mobil cihazın bazı bilgileri alınıp çeşitli yöntemlerle değerlendirilerek pozisyon bilgisine ulaşılabilir. Konum belirleme işleminde alınan sinyal gücü, sinyal geliş açısı ve sinyal varış zamanı / sinyal varış zamanındaki fark bilgilerinden faydalanılmaktadır [36].

2.5.2.1. Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yöntemi

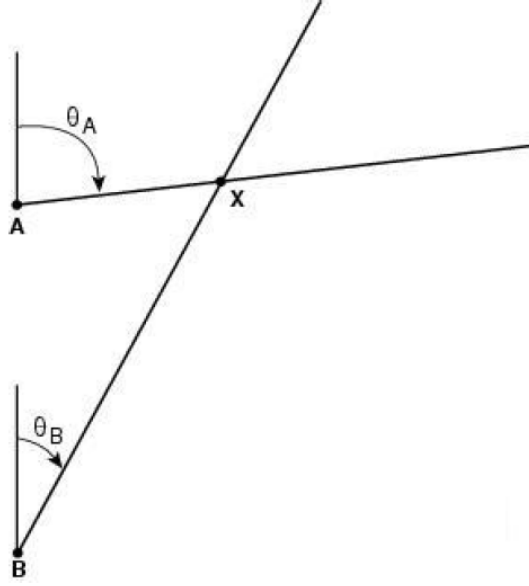
Mobil cihazlar için sinyal gücü bilgisi en kolay şekilde elde edilebilecek metrik türüdür. Alınan Sinyal Gücüne Göre Konumlandırma Yönteminde, mobil cihaza gelen sinyal gücü ile mesafe arasında bağlantı kurulmaktadır. Teknik olarak erişim noktasından çıkan sinyal mobil cihaza ulaşana kadar güç değeri azalmaktadır. Erişim noktalarının sinyal gücü ile mobil cihazla erişim noktasına olan mesafe hesaplanabilir. Elde edilen sinyal gücü değerleri ile erişim noktalarının konumları merkez olarak alan daireler oluşturulur. Mobil cihazın konumu, elde edilen bu dairelerin kesişim noktası olarak belirlenir [37,38].

Bu yöntemde veri tabanına ihtiyaç duyulmamakta olup sadece sinyal gücünün kullanılarak konum tahmini yapılabilmektedir. Yöntemin başarısı sinyal gücünü en az etkilendiği durumlarda etkin sonuçlar verebilmekte iken sinyal gücünü çevrede bulunan canlı veya cansız her türlü nesnenin etkilenmesi sistemi olumsuz etkilemektedir [39]. Sinyal gücü çeşitli radyo dalga yayınlarından etkilenmektedir. Sinyal gücünü etkileyen farklı durum vardır. Bunlar, yansıma, kırınım ve saçılma [40].

Sinyal gücü metriğinin kullanılmasının en büyük avantajı; bu metrik türünün diğer metrik türleriyle karşılaştırıldığında daha kolay elde edilebilir olması, ilave bir donanıma ihtiyaç duymaması, hali hazırda kullanılan kablosuz yapıyı kullanabilmesi gibi sıralanabilir. Bu metrik türünün dezavantajı çevre koşullarından etkilenmesi sonucunda sistemin güvenilirliğini etkilemesidir [39].

2.5.2.2. Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi

Varış açısı konumlandırma yönteminde mobil cihazın yeri, baz istasyonundan gelen sinyallerin geliş yönü ve açısı kullanılarak hesaplanmasına dayanmaktadır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için baz istasyonlarında yönlü antenlerin bulunması gerekmektedir. Sistemde kullanılan antenler bir birlerinden bağımsız olarak sinyal alırlar. Elde edilen sinyallerin güç değerlerine, varış sürelerine bakılarak varış açısı hesaplanabilir. Elde edilen açı değeri yardımıyla mobil cihazla baz istasyonu arasında görüş çizgileri çizilebilir [41]. Bu yöntemle mobil cihazın konumu iki erişim noktası kullanılarak tespit edilebilir. Sinyalin geliş açı değeri yardımıyla erişim noktasıyla mobil cihaz arasında çizginin çizilmesi ve bu çizgilerin kesiştirilmesi yoluyla konum tahmini yapılmaktadır. Varış açısı yönteminin doğruluğunu mobil cihazla baz istasyonu arasındaki mesafe etkilemekte olup mesafe arttıkça saçılma gerçekleşeceğinden hata oranı artmaktadır. Ayrıca bu yöntemde mobil cihaz baz istasyonunun görüş açısında olması gerekmektedir. Şekil 2.15.'de Varış açısı yöntemi gösterilmektedir.

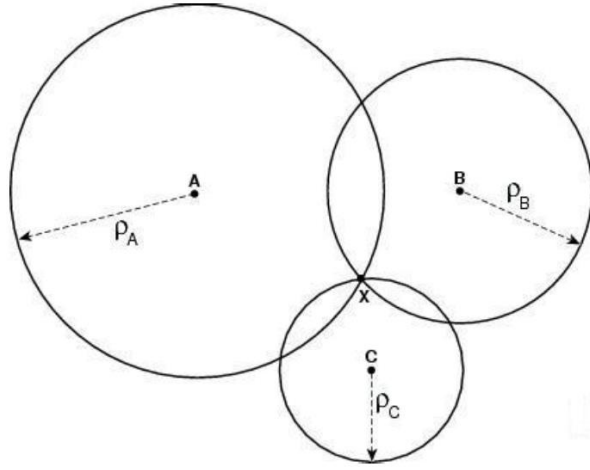


Şekil 2.15. Varış Açısı Konumlandırma Yöntemi [35]

Varış açısı yönteminde gelen sinyallerin geliş açılarının elde edilebilmesi için ek donanıma ihtiyaç duyulması dezavantaj oluşturmaktadır. Sistemin istikrarlı çalışması ek donanımların performansına bağlıdır. Sinyallerin çok yönlü dağılımı performansını düşüren etkidir. Bu sorunu minimize etmek için antenleri olabildiğince yüksek bir konuma yerleştirmek gerekmektedir. Bu dezavantajlardan dolayı iç ortam konumlandırma için uygun bir yöntem değildir.

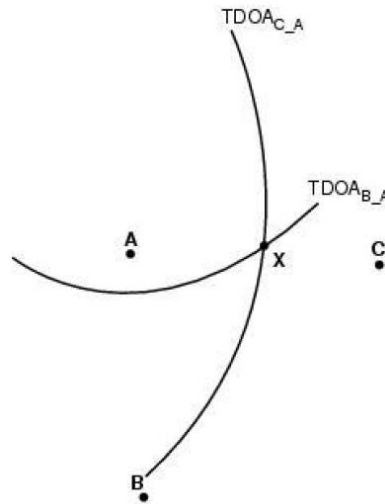
2.5.2.3. Varış zamanı / Varış zamanındaki Fark Konumlandırma Yöntemi

Varış zamanı konumlandırma yöntemi, mobil cihazdan gönderilen sinyalin en az üç baz istasyonu tarafından alınması süreleri kullanılarak konum tahmini gerçekleştirilir. Mobil cihazdan yayılan sinyaller ortamda bulunan tüm baz istasyonlarınınca dinlenmektedir [37]. Mobil cihazın baz istasyonlarına ulaşma zaman bilgisi ile baz istasyonlarının konum bilgileri karşılaştırılarak pozisyon tahmini yapılmaktadır [39]. Şekil 2.16.'da Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Varış Zamanı Konumlandırma Yöntemi [26]

Varış zamanı arasındaki fark yöntemi alıcılara ulaşan sinyalin geliş süresindeki fark kullanılmaktadır. Sinyalin geliş süresi ile sinyalin geliş hızının çarpılmasıyla erişim noktasıyla mobil cihaz arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Elde edilen varış zamanı arasındaki fark bilgisiyle mobil cihazla erişim noktası arasında hiperbollerin çizilmesine olanak sağlar. Çizilen hiperbollerin kesişimi mobil cihazın konumu olarak belirlenir. Bu yöntemde üçgenleme metodu kullanılmaktadır. Şekil 2.17.' de Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Varış Zamanı Arasındaki Fark Konumlandırma Yöntemi [26]

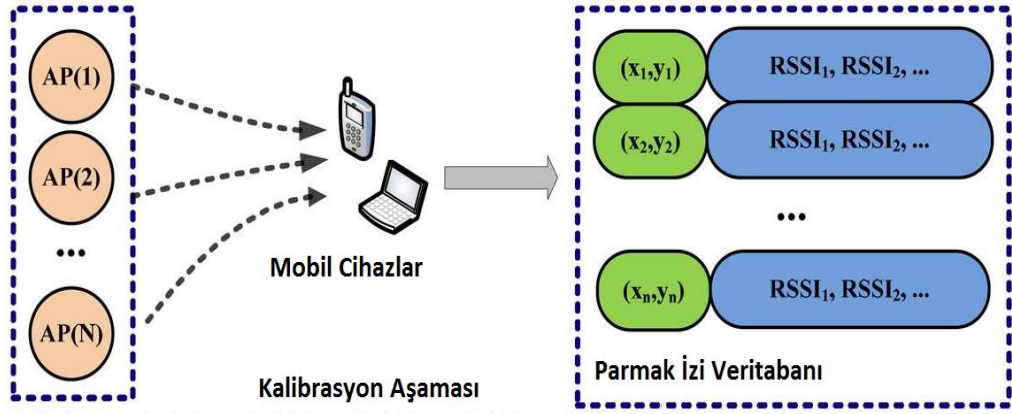
Sinyal gücü ve sinyal geliş açısı yöntemleriyle karşılaştırıldığında varış zamanı arasındaki fark konumlandırma yönteminde hata oranı daha azdır. Bu yöntem, mobil cihazın kullandığı kablosuz teknolojisi haricinde çalışabilmektedir. Bu nedenle farklı özelliklerde kablosuz ağlarda kullanılabilir. [39]

Varış zamanı/Varış zamanındaki fark Konumlandırma Yönteminin istikrarlı çalışması baz istasyonunun konumuna, sinyallerin yayılımına, şebeke elemanlarının senkronize çalışmasına bağlıdır. Ayrıca bu sistemin çalışabilmesi için ek bir donanıma ihtiyaç vardır. Bu sistemin en büyük avantajı sinyallerin geliş zamanlarının tam olarak bilinmesine ihtiyaç duyulmamasıdır [38].

Varış zamanı ve Varış zamanındaki fark yöntemleri arasında benzerlikler bulunmaktadır. Her iki yöntemde dış ortamda iyi sonuçlar vermesine rağmen iç ortamda istenilen sonuçlara ulaşılabilmesi için iç ortamın geniş ve engellerinin az olması gerekmektedir. [38]

2.5.3 Parmak İzi Yöntemi

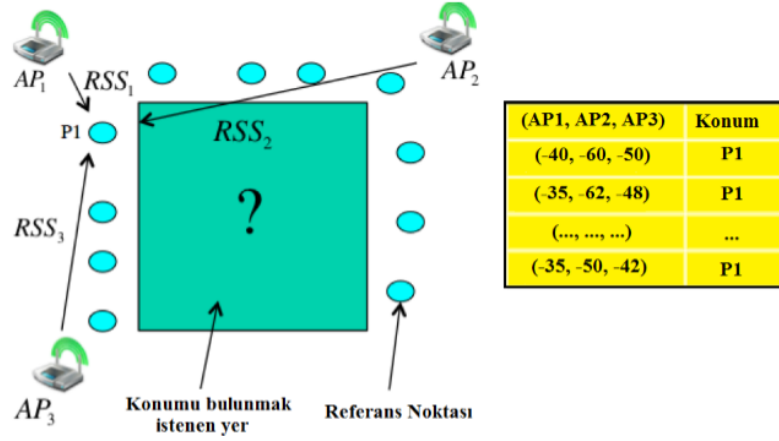
Parmak izi tabanlı yöntemler iç ortamda bulunan sinyal kaynaklarını yaymış olduğu sinyalleri sınıflandırma yöntemlerini kullanarak mobil cihazın konumunu belirler. Sistemin temelini oluşturan ekipmanların hali hazırda kullanılıyor olması veya yeniden kurulum maliyetlerinin düşük olması sebebiyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Parmak izi tabanlı iç ortam konumlandırma sistemi, kalibrasyon aşaması ve konumlandırma aşaması olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır. Kalibrasyon aşamasında sistemde bulunan sinyal değerleri kaydedilmektedir. Şekil 2.18.'de veri toplama aşaması olarak da bilinen kalibrasyon aşaması gösterilmektedir.



Şekil 2.18. Kalibrasyon Aşaması

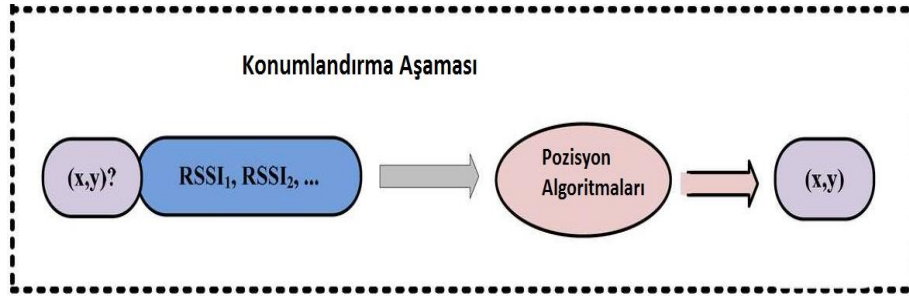
Kalibrasyon aşması en temel aşama olup konumlandırma aşaması öncesi tamamlanması gerekmektedir. Bu aşamada mobil cihaz kullanılarak ortamda bulunan sinyal gücü ile referans noktalarının koordinat bilgilerinin ilişkilendirilerek veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanında oluşturulan her bir kayıt parmak izi olarak nitelendirilmektedir. Parmak izi bilgisinde sinyal gücü bilgisinin yanında sinyalin hangi erişim noktasından geldiğine dair bilgide tutulmaktadır.

Mobil cihaza ulaşan sinyal güçleri erişim noktasının yakınlığından etkilenmekte olup mobil cihazın erişim noktasına yakın olması sinyal gücünün yüksek olmasını sağlamaktadır. Belirlenen referans nokta bulunduğu yere en yakın erişim noktasının sinyal gücünü en yüksek alırken en uzak erişim noktasının sinyal gücünü düşük olarak almaktadır. Konumlandırma işleminde konumu belirlenmek istenen mobil cihazın konumu en yakın erişim noktası referans alınarak bulunur. Şekil 2.19.'da P1 referans noktası için kayıtlarda referans noktasına yakın olan erişim noktasından alınan sinyal gücünün diğer erişim noktalarına göre daha yüksek olduğu gösterilmektedir.



Şekil 2.19. Referans Noktası ile Erişim Noktası Arasındaki İlişki [33]

Şekil 2.20.'de ikinci aşama olan konumlandırma işlemi gerçek zamanlı olarak yapılabilmektedir. Konum belirlenmek istenen mobil cihazın erişim noktalarından gelen anlık sinyal gücü değeri, veri tabanında yer alan referans noktalarının sinyal değerleriyle karşılaştırılması ve sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması suretiyle konum belirleme işlemi gerçekleştirilir. Sınıflandırma doğruluğu için sinyalin gerçekte ait olduğu konum bilgisi ile tahmin edilen konumun bilgisi karşılaştırılır ve çıkan sonucun yakınlığına göre sınıflandırma doğruluğu belirlenir.



Şekil 2.20. Konumlandırma Aşaması

2.6. Takip Sistemleri Ticari Uygulamaları

2.6.1. Ekahau Konumlandırma Sistemi

Ekahau konumlandırma uygulaması belirli bir alanda çalışana mobil cihazların gerçek zamanlı konumlarının takibinin yapılabildiği bir sistemdir. Ekahau uygulaması

çalışma alanında yer alan mevcut kablosuz altyapıyı kullanabilmektedir. Bu sebepten ötürü ilave bir donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Ekahau sistemde 802.11 erişim standartlarını destekleyen cihazları kullanmaktadır. Bu standartlara sahip ekipmanlarının kurulum kolay ve bakım maliyetleri düşük olması gibi sebeplerden dolayı sistemin toplam maliyeti azalmaktadır. Ekahau sistemini oluşturan unsurlar etiketler, etiketleri konumlandırmak için referans cihazları, veri ağı, sunucu yazılımı ve uygulama yazılımından oluşur [25].

İstemci, yönetici ve konumlandırma motorunu içeren Ekahau Java tabanlı geliştirilmiş bir sistemdir. Sistemin çalışması Ekahau istemcisi sinyal gücü bilgilerini alır ve alınan bu bilgileri konum belirleme işleminin yapılması için konumlandırma motoruna yönlendirir. Konumlandırma motoru içerisinde ortamın kalibrasyonunu, sistem takibi, doğruluk oranı analizi gibi uygulamaları içerir. Konumlandırma motoru yazılımı, kablosuz ağı kapsama alanında yer alan etiketlerin gerçek zamanlı olarak konum ve hareket bilgilerini takibini raporlamasını yapmaktadır [39].

2.6.2. Place Lab

Place Lab uygulaması kablosuz teknolojik altyapısını kullanmakta olup uygulamanın çalışması için ilave bir donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Uygulamanın çalışması çalışma ortamında yer alan bütün kablosuz erişim noktaları tek bir kimlik bilgisinde yayın yapacak şekilde ayarlanır. Konum tahmini yayınlanan kimlik bilgisinin fiziksel konumuna göre yapılmaktadır.

Place Lab uygulaması referans noktaların bilgilerini içeren veri tabanından ve konum tahmini yapan istemciden oluşmaktadır. İstemci kısmı pozisyon belirlemede kullanıldığı için çeşitli platformlarda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Veri tabanı kısmında her bir erişim noktasının kimlik bilgisi ve koordinat düzleminde konumunu içeren tablodan oluşmaktadır. Konum belirlemede veri tabanında yer alan bilgilerden faydalanılmaktadır.

Place Lab uygulaması konum belirlemede 802.11 erişim noktaları, Bluetooth cihazları, ve GSM gibi kablosuz ağların yaymış olduğu sinyallerden faydalanır. Sinyal

kaynakları işaretçi olarak adlandırılmakta olup bu işaretçilerin her birine farklı kimlik bilgileri atayan protokoller sayesinde konum belirleme işlemi kolaylaşmaktadır. Place Lab sistemin konum tahmin başarısı, mobil cihazın bulunduğu alanda yer alan işaretçi sayısı ve çeşidine bağlı olmaktadır [45] [39].

Place Lab uygulaması konum belirleme işleminde ortamda bulunan işaretçilerin konum ve kimlik bilgilerine ihtiyaç duymaktadır. Çalışma yapılan alan içinde işaretçi olarak tanıtılmayan erişim noktaları kullanılamaz. Konum belirleme işlemlerinde kullanılacak veri tabanı bilgileri, savaş-sürüşü adı verilen teknikle oluşturulabilir. Savaş - sürüşü, ortamdaki işaretçi bilgilerini alabilen sistemler kullanılarak yapılan işaretçi tarama işlemidir [37].

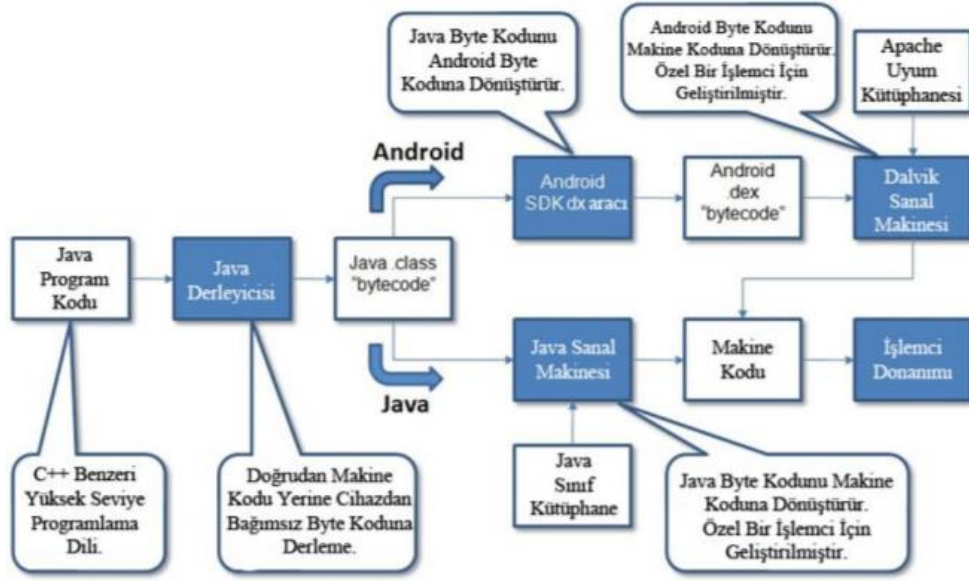
2.7. Yazılım Teknolojileri

Bu kısımda, yeraltı madenciliği için tasarlanmış olan uygulamanın geliştirme süreci içerisinde kullanılan platformlar, yazılım teknolojileri ve yazılım teknikleri hakkında temel bilgiler verilmiştir.

2.7.1. Android İşletim Sistemi

Android işletim sistemi mobil cihazlar için tasarlanan Linux çekirdeğini kullanan açık kaynak kodlu işletim sistemidir. Google tarafından aktif olarak geliştirilen Android platformu ücretsiz olarak mobil cihazlara, donanım üreticilerine ve yazılım geliştiricilerinin kullanımına sunulmaktadır. Java programlama dili kullanılarak geliştirilen programlar Android işletim sistemi üzerinde çalışabilmektedir.

Şekil 2.21.'de Android platformunun mobil cihazlar için geliştirilmiş işletim sistemi ve açık kaynak kodlu yazılım olduğu gösterilmektedir [49].

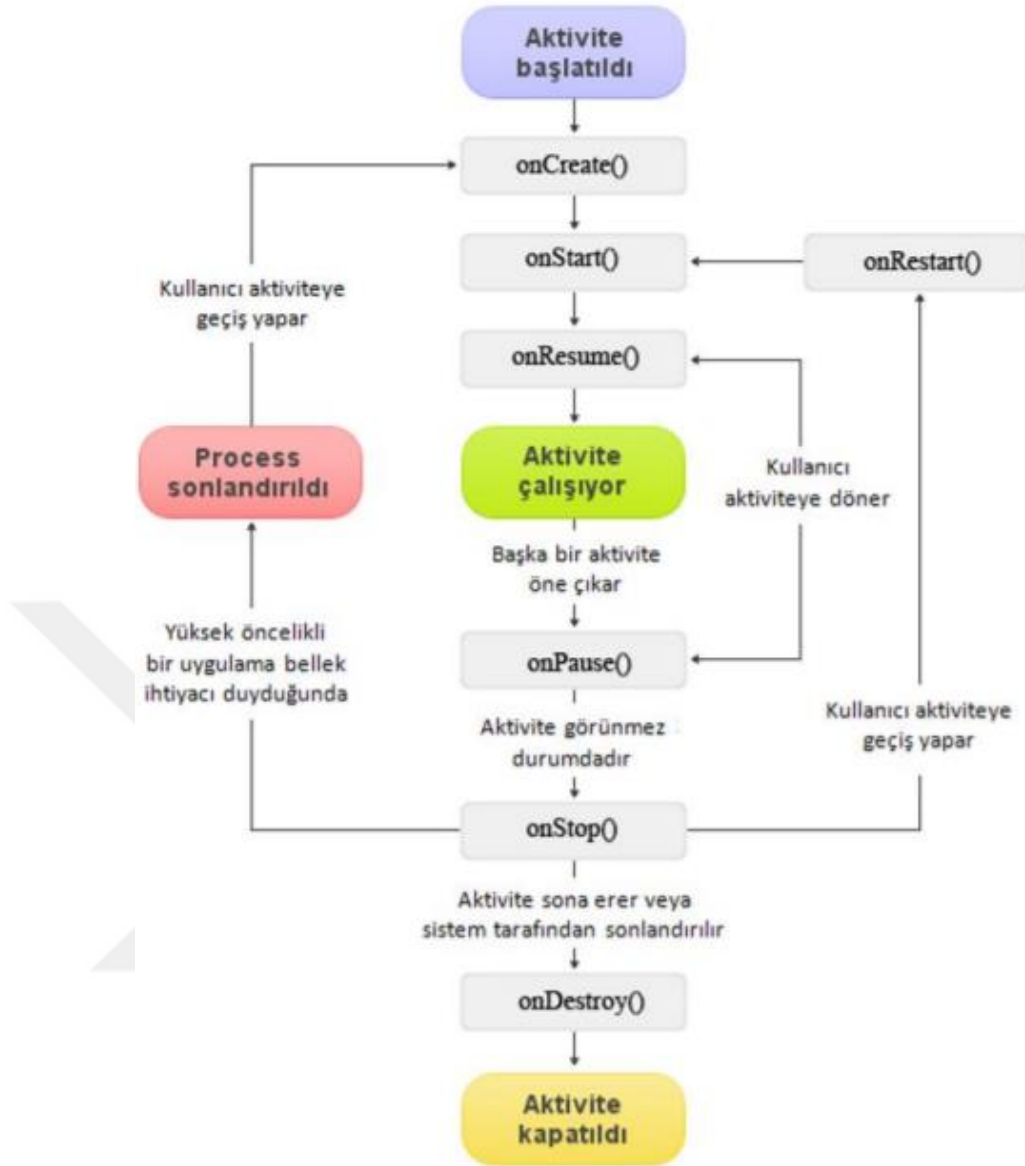


Şekil 2.21. Donanım Cihazıyla Birleşmiş Android ve Java Akış Şeması [20]

Şekil 2.21.'de Android işletim sisteminde çalışacak yazılım geliştirmek için Java ve Android işletim sisteminin parçaları gösterilmiştir. Android işletim sisteminden giden ve Java'dan geçen yol olmak üzere iki yol gösterilmektedir. Bu iki yaklaşımda işlemcide çalışabilen makine kodları üretilmekte olup işlemciye ulaşmak için kullanılan yollarda farklılık göstermektedir [50].

2.7.2. Android Kavramları

Android işletim sisteminde bir uygulamanın nasıl çalıştığını anlamak aktivite yaşam döngüsünün anlaşılması gerekmektedir. Her bir yaşam döngüsü içerisinde çeşitli tetikleyiciler içermektedir. Programcıların yazılım geliştirmeye başlamadan önce aktivite yaşam döngüsünün anlaması büyük önem arz etmektedir. Şekil 2.22.'de Android işletim sisteminde bir aktivenin yaşam döngüsü gösterilmektedir [49].



Şekil 2.22. Android Sisteminin Aktivite Yaşam Döngüsü Akış Şeması [20]

2.7.2.1. Çalışma Durumu

onStart(), etkinlik başlangıç durumuna girdiğinde, sistem bu geri aramayı başlatır. onStart() çağrısı, uygulamanın etkinliğinin ön plana girmesi, etkileşimli hale gelmesi için hazırlanır sonrasında etkinlik kullanıcıya görünür. Bu metot da işlem hızlı bir şekilde gerçekleşip devamında onResume() metoduna bırakır [51].

2.7.2.2. Duraklatma Durumu

onPause(), sistem bu yöntemi kullanıcının aktiviteden ayrıldığının ilk göstergesi olarak adlandırır (her zaman aktivitenin imha edildiği anlamına gelmez); etkinliğin artık ön planda olmadığını gösterir (kullanıcı çoklu pencere durumunda da görünebilir). Etkinlik Duraklatılmış durumdayken ve kısa bir süre sonra devam etmeyi beklediğiniz devam etmemesi gereken (veya denetime devam etmesi gereken) işlemleri duraklatmak veya ayarlamak için onPause () yöntemini kullanır [51].

2.7.2.3. Durdurma Durumu

onStop(), etkinlik artık kullanıcı tarafından görüntülenmiyorsa, Durduruldu durumuna girmiştir ve sistem onStop () geri aramasını çağırır. Bu, örneğin, yeni başlatılan bir etkinlik tüm ekranı kapladığında oluşabilir. Aktivite çalışmayı bitirdiğinde ve sonlandırılmak üzere olduğunda, sistem onStop () işlevini de arayabilir [49].

2.7.2.4. İmha Durumu

onDestroy(), aktivite yok edilen duruma geçtiğinde, aktivitenin yaşam döngüsüne bağlı herhangi bir çevrimi imha durumuna alınır. Yaşam döngüsü bileşenlerinin, aktivite yok edilmeden önce ihtiyaç duyduğu her şeyi temizleyebildiği yerdir [49].

2.7.3. Android Yaşam Döngüsü Aşamaları

Android işletim sisteminin aktivite yaşam döngüsü incelendiğinde her aktivitenin üç yaşam döngüsünün olduğu ve bunların metotlar tarafından tanımlandığı görülebilmektedir [49].

2.7.3.1. Android Toplam Yaşam Süresi

onCreate() metodu ile başlayıp onDestroy() metodu ile tamamlanan süreç olarak tanımlanmaktadır. onCreate() metodu ile uygulamanın ekran tasarımları, genel değişken, evrensel kaynaklar gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. onDestroy() metodundaki uygulama ile ilişkili tüm kaynakların imhası yapılmaktadır.

2.7.3.2. Görülebilir Yaşam Süresi

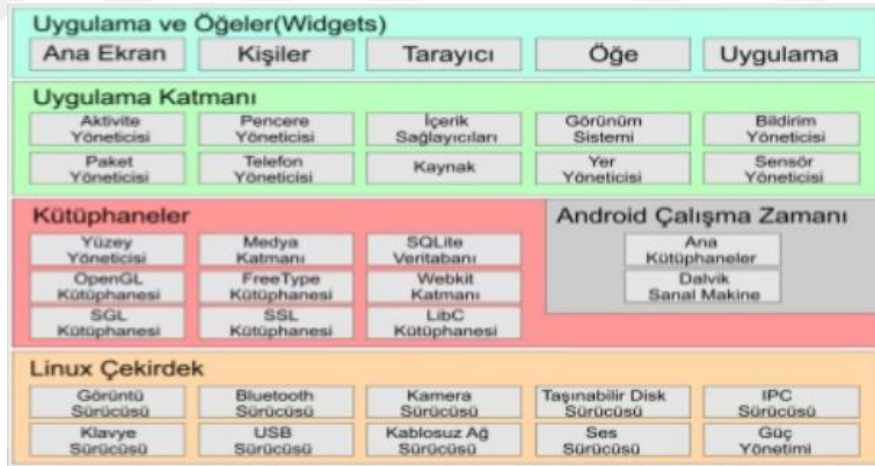
onStart() metoduna ulaşımdan onStop() metoduna yapılan ulaşıma kadar geçen zamandır. Burada aktivite kullanıcıya görüntülenmekte olup durumunu değiştirmeksizin sürdürür.

2.7.3.3. Ön Plandaki Yaşam Süresi

onResume() metoduna ulaşımdan onPause() metoduna yapılan ulaşıma kadar geçen zamandır. Aktivite boyunca kullanıcıya tamamen görünür durumdadır. Diğer aktivitelerin önünde yer alıp kullanıcıyla etkileşim içindedir.

2.7.4. Android İşletim Sistemi Mimarisi

Android işletim sistemi mimarisi 5 temel katmandan oluşur. Kernel, Libraries, Android Runtime, Application Framework, Application and Widgets katmanlarıdır. Şekil 2.23.'da Android işletim sistemi mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Android İşletim Sistemi Mimarisi [20]

2.7.5. Veri Tabanı Yönetim Sistemleri

Veri tabanı yönetim sistemleri, kuruluşların verilerini belirli bir düzende saklamak için veri tabanı oluşturabilen, bu veri tabanlarının içeriğinde bulunan tabloların ilişkilerini

kuran, veri tabanına erişimi olan kişilerin yetkilerini düzenleyen sistemlerdir. Veri tabanı yönetim sistemleri, hali hazırda olan veri tabanlarına da erişimi sağlamakla beraber, üzerlerinde değişiklik yapılabilmesini de sağlamaktadır.

Günümüzde veri tabanı yönetim sistemleri birçok alanda kullanılmaktadır, web sitelerinden kuruluşların kendi bünyesinde sakladıkları verilere kadar bu sistemler popüler olarak kullanılmaktadır. Birçok veri tabanı yönetim sistemleri yazılımları mevcut olmakla beraber Oracle, MSSQL, MYSQL ve Access gibi yazılımlar daha çok tanınmaktadır.

2.7.5.1. SQLite Mobil Veritabanı

SQLite Mobil Veritabanının gelişim sürecinde, ilk öncülerinden olan D. Richard Hipp tarafından 2000 yılında oluşturuldu. O yıllarda General Dynamics firmasında Amerikan Donanması için geliştirilen bir projede yer alan Hipp, veritabanı kurulumu ya da yönetim arayüzüne gerek kalmayacak şekilde program yazmaya uğraşırken SQLite'nin gelişimini sağladı. 2000 yılının Ağustos ayında yayınlanan 1.0 sürümünü diğer yıllarda 2.x ve 3.x SQLite sürümleri geliştirildi [56].

Kolay bir kullanımı olan, uygulama içerisinde az miktarda yer oluşturan ve mobil cihazlarda kolaylıkla kullanılabilen açık kaynak kodlu ve işletim sisteminden ayrı bir veritabanı kütüphanesidir. Sayısız programlama dili tarafından SQLite kullanabilmektedir. Sistemde çok az miktarda yer kaplamasından dolayı ve istenilen düzeylerde hızlı bir veri işleme kapasitesi olduğundan tercih edilme sebepleri arasındadır. Veri tipleri olan text, numeric, integer, real ve none SQLite veritabanı tarafından desteklenmektedir.

SQLite mobil veritabanı içerdiği özellikler sıralanmaktadır;

- SQLite çalışırken local sunucuya gerek duymaz.
- İşletim sistemlerinin tamamında çalışabilir.
- Birden fazla veritabanı için tek dosya bulunmaktadır
- Tüm veritabanda yapılan işler tek dosya üzerinde tutulur ve böylelikle veritabanının yedeklenmesi veya kopyalanması kolaylaştırır.
- Bağımsız bir şekilde çalışmaktadır.

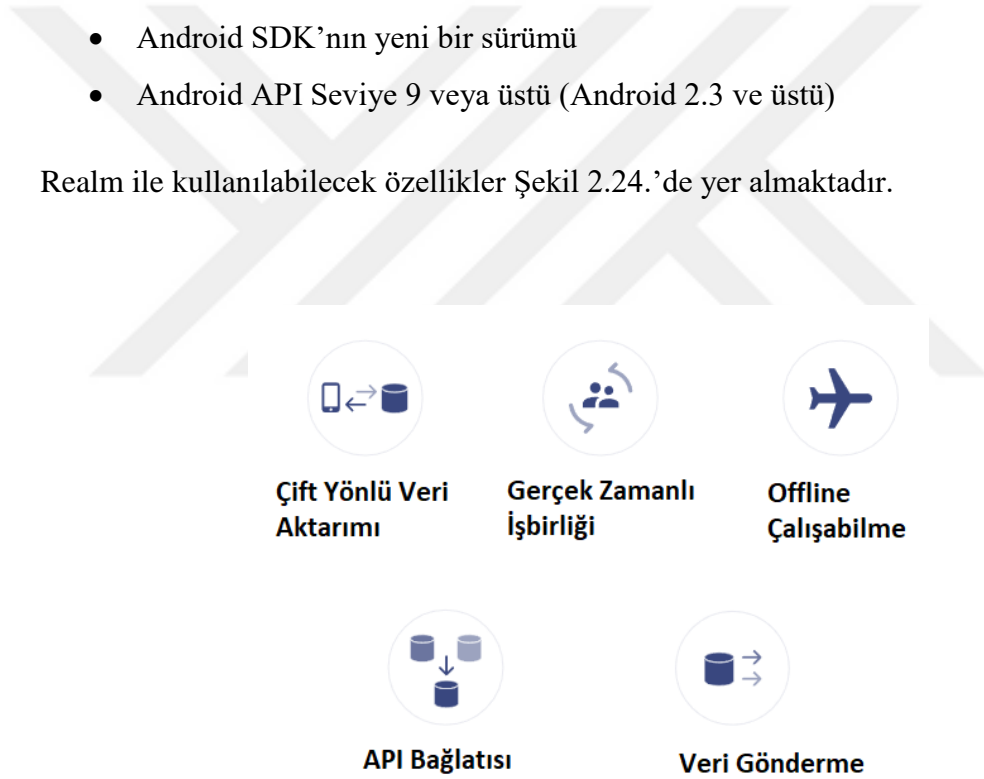
2.7.5.2. Realm Mobil Veritabanı

SQLite veritabanının alternatifi olarak veritabanı yönetiminde Realm veritabanı tercih edilmektedir. Realm Veritabanı açık kaynak kodlu bir veritabanı yönetim sistemidir. Objective-C, .Net, Java, Javascript ve Swift’de bulunması ve hem Android hem de iOS için oluşturulmuştur [55].

Realm kullanabilmek için bazı ön koşullar bulunmaktadır:

- Android Studio sürüm 1.5.1 veya üstü
- JDK sürüm 7.0 veya üstü
- Android SDK’nın yeni bir sürümü
- Android API Seviye 9 veya üstü (Android 2.3 ve üstü)

Realm ile kullanılacak özellikler Şekil 2.24.’de yer almaktadır.

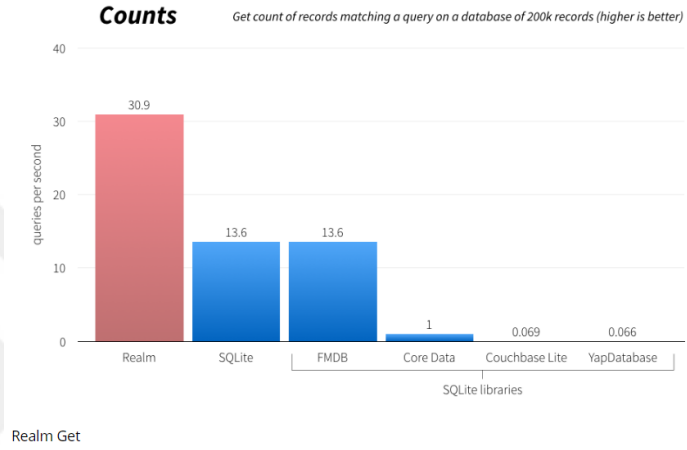


Şekil 2.24. Realm Veri Tabanının Özellikleri [55]

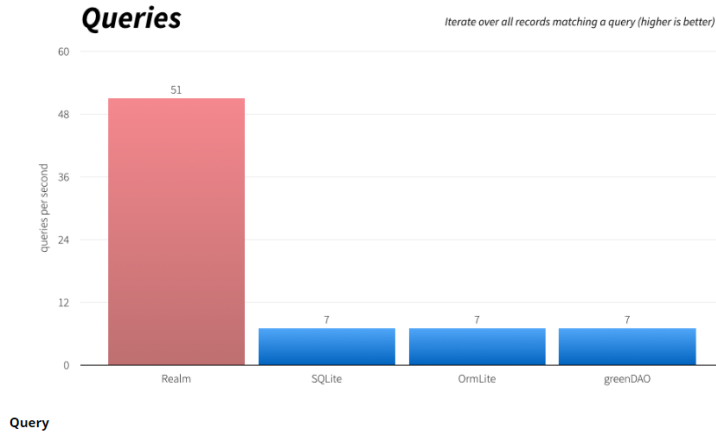
Realm veri tabanı sistemi hızlı, kullanımı ve kurulumu kolay, tüm platformlarda çalışabilir, oldukça başarılı dokümantasyon kullanılması, modern, esnek bir yapıya gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir.

Bu özelliklerde bizim kullanmamız için yeterli olacaktır. Bunlarında daha önemlisi sistemimizi tasarlarken OOP mimarisine sadık kalarak tüm işlemlerimizi gerçekleştirebiliyoruz.

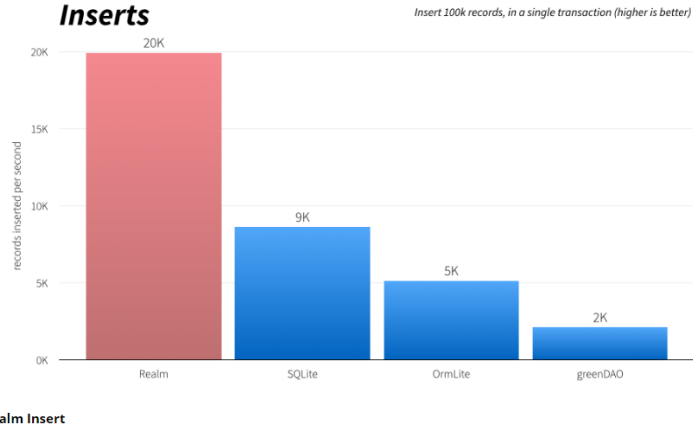
Sıfır-kopya tasarımından dolayı, Realm Database bir ORM'ye göre çok daha hızlı ve genellikle ham SQLite'den daha hızlı bir yapısı bulunmaktadır. Şekil 2.25, Şekil 2.26, Şekil 2.27'de yapılan testlerde hızı gözle görülür derecededir.



Şekil 2.25. Realm Get İstatistiksel Karşılaştırması [57]



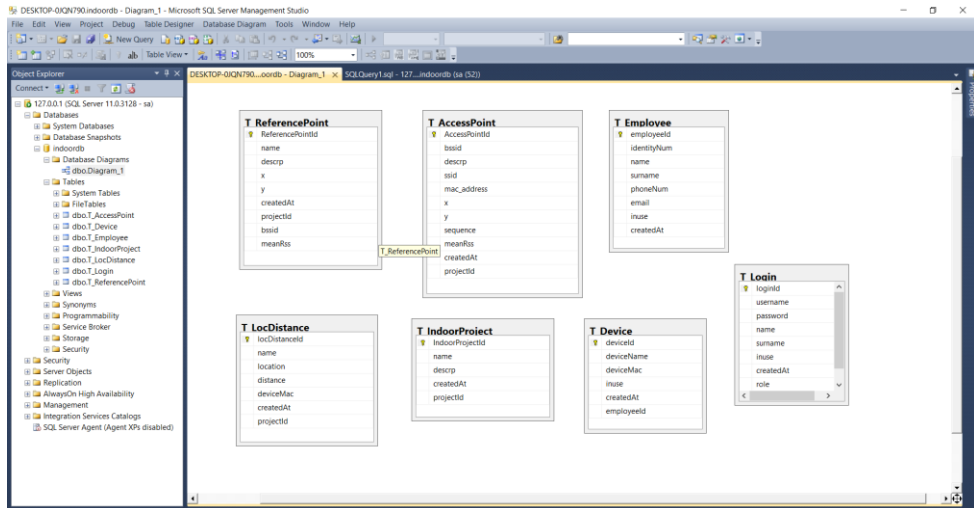
Şekil 2.26. Realm Query İstatistiksel Karşılaştırması [57]



Şekil 2.27. Realm İnsert İstatistiksel Karşılaştırması [57]

2.7.5.3. Microsoft SQL Server

Microsoft Firmasının sahip olduğu veri tabanı mimarisini sunan yazılımdır. İlişkisel veri tabanı yönetim sistemidir. Veriler üzerinde analiz, gruplama, depolama ve silme gibi işlemlerin tamamı yapılmaktadır. Kullanıcılar sisteme bağlanarak verilere ulaşabilmekte ve böylelikle sistem sunucu görevini de yapabilmektedir. Microsoft Sql Server Management Studio yazılımıyla Microsoft SQL Server'a bağlanılabilir ve veri üzerinde işlemler yapılabilir. Şekil 2.28.'de MSSQL Server yönetim ara yüzü kullanılarak geliştirilen veri tabanı diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.28. MSSQL Server Yönetim Aracı

2.7.6. .NET Framework

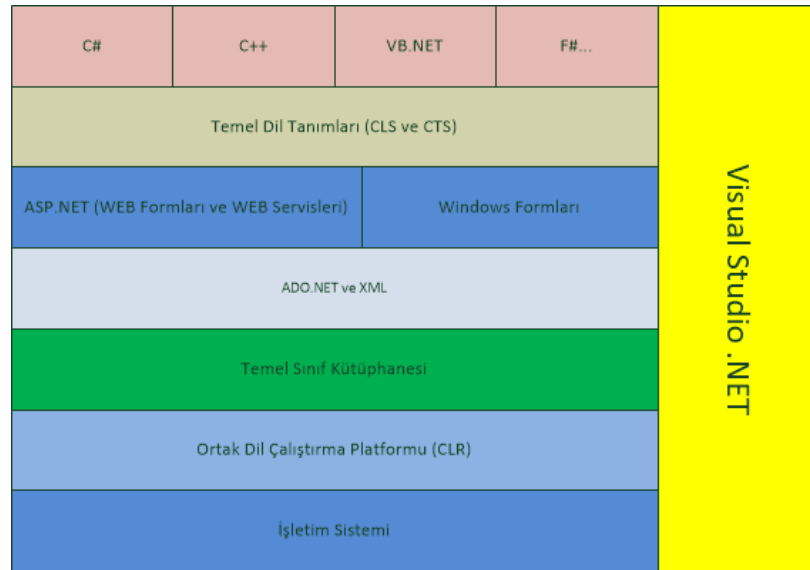
.NET Framework alanı dilden bağımsız olarak çalışmaktadır ve bir takım programların yürütülmesi için ihtiyaç duyulan tüm ortak servisler .NET tarafından sağlanır. .NET çok sayıda dili destekleyecek yapıda tasarlanmıştır (Pascal, Haskell, ML, APL, COBOL, Oberon, Perl, Python, Scheme ve SmallTalk) [52].

.NET Framework .NET ortamının bütün bir parçası olan teknolojiler topluluğudur. .NET Framework , ASP.NET’ in birlikte kullanılması ile web uygulamaları ve web servislerinin oluşturulması için gerekli temel yapılar olan “building block”ları sağlamaktadır.

.NET Framework yapısını oluşturan bileşenler;

- Common Language Runtime (CLR)
- .NET Framework Sınıf Kütüphanesi
- ADO.NET (veri ve XML)
- ASP.NET (web formları ve servisleri) ve Windows Formları
- Kullanıcı Ara yüzü

Şekil 2.29.’da .NET Framework yapısı detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.29. .NET Framework [52]

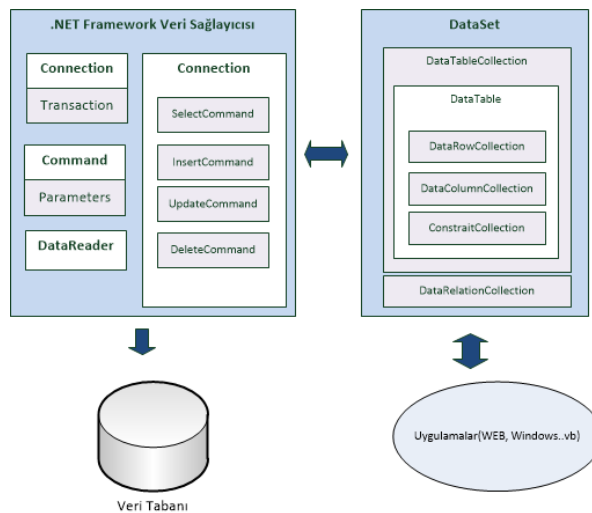
2.7.6.1. ASP .NET

ASP.NET, dinamik web sayfaları oluşturmak üzere kullanılan. NET Framework'ün bir bağlantısıdır. Web uygulamalarının gelişiminde, hata ayıklamayı basitleştiren .NET Framework ile tamamen uyumludur. ASP.NET uygulamaları, tüm .NET sınıflarına tam olarak sınırsız erişim yetkisine sahiptir. Uygulamalar büyük oranda bileşen tabanlıdır ve ortak dil çalışma zamanı (CLR) üzerine kurulur ve .NET ile uyumlu dillerden herhangi birinde yazılabilmektedir [52].

2.7.6.2. ADO .NET

Ado.Net, Microsoft .NET ortamının özelliklerini kapsayan XML standartlarını içeren yapı üzerine inşa edilmiş bir veri erişim teknolojisi olmaktadır. COM desteğine ihtiyaç duyulmaz ve esnek bir yapısı bulunmaktadır. Ado.Net ismi ActiveX Data Objects .NET'ten gelmektedir ve Ado standartlarını içeren yapı üzerine inşa edilmiştir [52].

Ado.Net .NET ortamında geliştirilen uygulamaların veri tabanı bağlantısı kurabilmek için kullanılan bir sistemdir. Veri tabanına bağlanmak, veri eklemek, silmek ve güncellemek gibi ihtiyaç duyulan işlemler için nesnelere sağlar. Ado.net ile Access, MSSQL, Oracle ve MySQL veri tabanları ile bağlantı kurulabilir ve bu veri tabanları gerekli bağlantılara sahiptir [52] . Şekil 2.30.'de Ado.Net Mimarisinin .NET Framework yapısı içerisinde işleyişi gösterilmiştir.

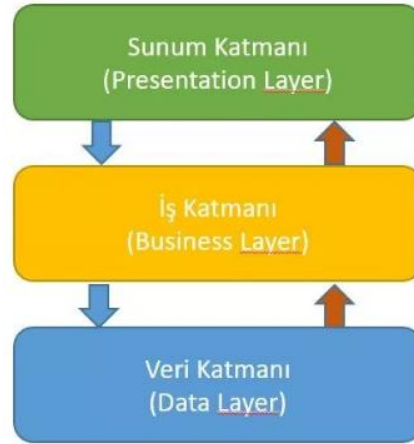


Şekil 2.30. ADO.NET Mimarisi

2.7.6.3. Çok Katmanlı Mimari

Nesneye dayalı programlamada veri tabanı ile ilgili işlemler uygulanırken belli kurallara göre yapılır. Uygulamalarda; veriye nasıl erişileceği, üstünde ne gibi uygulamalar yapılacağı ve kullanıcı tarafına nasıl bir sunum yapılacağı bir program geliştirici için en kritik sorunlardır. Üç katman mimarisi program geliştiricilere bu konuda kolaylık sağlamaktadır. Üç katmanlı mimari nesneye dayalı programlama ile program geliştiricilerin kullanmakta olduğu önemli bir programlama tekniği olmaktadır. Üç katmanlı mimari kullanılarak tasarlanan programların yönetimi daha basit ve hızlı bir şekilde yerine getirilmesi sağlanır. Bu yapı sayesinde üç ayrı katmana uygun olarak tasarlanmış programlarda her yapılan iş ayrı ayrı tasarlanmıştır ve neyin nerede olduğu gayet açık bir şekilde ifade edilir; böylece programa müdahale edilmesi gereken durumlarda basit ve zaman kaybetmeden yerine getirilmektedir [52].

İlk önce veri katmanı (Data Layer) ile veriler veri tabanından çekilmekte, iş katmanı (Business Layer) ile bu verilerin uygunluğu kontrol edilmekte ve sunum katmanı (Presentation Layer) ile etkileşimli bir ara yüz oluşturulup kullanıcıya veriler aktarılmaktadır. Bu işlem tam tersi yönde de yapılabilir, yani kullanıcı etkileşimli ara yüz sayesinde veri girişi yapar (Sunum katmanı), girilen veri tabanına uygun ve anlaşılır hale getirilir (İş katmanı) ve son olarak veri tabanına aktarılır (Veri katmanı). Şekil 2.31.'de üç katmanlı mimarinin işleyişi anlatılmaktadır [52].



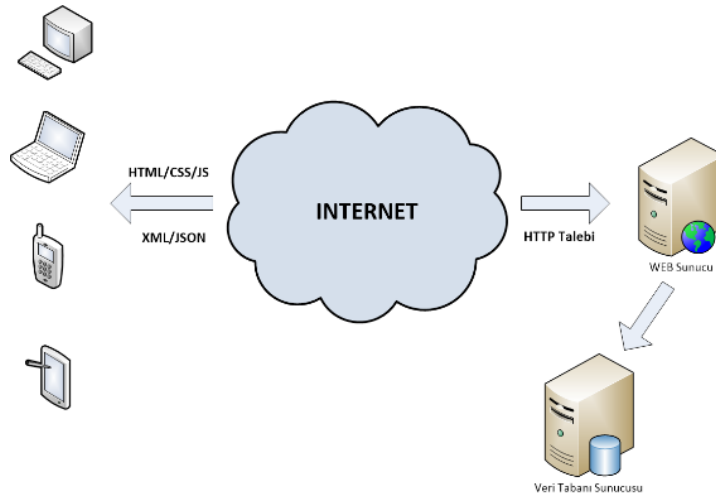
Şekil 2.31. Üç Katmanlı Mimari [52]

2.7.7. Web Servisleri

Web Servisleri HTTP protokolü ile XML gönderip alarak iki uzak cihaz arasındaki bağlantıyı sağlayan bir haberleşme yöntemi olmaktadır. XML birçok ortam ve programlama dilleri arasında haberleşme kurabilmektedir.

Web' in kullana birliği arttığı için farklı ortamların birbiriyle haberleşme ihtiyacı artmıştır. Bunun için web uygulamaları geliştirilmiştir. Web servisleri ile de web uygulamalarımız kendi metotlarını dış dünya ile paylaşabilir hale gelmiştir. Veriler XML olarak web servisinde oluşturulmaktadır. Restful ve SOAP Web Servisleri kullanılarak bir yerden diğerine aktarılır. Web servilerinin yapısı itibariyle farklı sunucular farklı ortamlarda çalışan web uygulamaları birbiriyle haberleşebilmektedir.

Web servisleri yapısı itibari ile Restful ve SOAP mimarisi olarak incelenmektedir. Restful ve SOAP web servisleri arasındaki en temel fark veri çıktı tiplerinden kaynaklanmaktadır. Restful mimarisinde XML, JSON, metin, HTML veri tipinde çıktı alınabilirken SOAP mimarisinde sadece XML veri tipinde çıktı alınabilmektedir. Şekil 2.32.'de farklı platformlarda çalışan sistemlerin veri akışının nasıl gerçekleştiği gösterilmektedir.



Şekil 2.32. WEB Servisi Veri Akış Diyagramı

Web servislerinin iki temel kullanım alanı mevcut olup bunlar sırasıyla;

- Uygulamaların sıkça ihtiyaç duydukları ve devamlı olarak tekrar eden işleri servisler tarafından yapıp uygulamalardan erişilmesi.
- Farklı platformda çalışan uygulamaların aralarındaki veri alış verişinin sağlanması.

Web Servisleri, Service Oriented Architecture (SOA) mimarisi üzerine inşa edilmiştir. İki yazılım teknolojisi SOA mimarisini kullanarak haberleşebilmektedir. Bu haberleşme sisteminde kullanılan yazılımlar istemci ve sunucu yazılımlarından oluşmaktadır. Sistemin çalışmasında istemci sunucuya talepte bulunur, sunucu da istemciye cevap dönmektedir. Sunucular web servisinin bilgilerini ayrı bir dizinde depolamaktadır. İstemciler ayrılan bu dizinde sorgulama yaparak talepte bulunulan servisin varlığını kontrol yapmaktadır.

SOAP: Bilgi alış verişinin http protokolü üzerinden gerçekleştiren XML tabanlı mimaridir. Web servislerine ulaşılmasını sağlayan protokoldür.

UDDI: Web servisleri hakkında bilgileri ayrı dizinde tutulmasını sağlamanın yanında sağlanan hizmetlerin kullanılabilir olanlarının listelendiği bir uygulama çatısıdır.

WSDL: Web Servislerinin hangi metotları sunduğunu XML formatında gösteren yapıdır. Dört temel kısımdan oluşmuş olup 2007 yılında standart haline getirilmiştir.

- **<types>** : Web servis tarafından kullanılan veri tipleri belirlenir.
- **<message>** : Web servis tarafından kullanılan mesajlar yazılır.
- **<portType>** : Web servis tarafından gerçekleştirilen işlemler yazılır.
- **<binding>** : Web servis tarafından kullanılan haberleşme protokolleri yazılır.

Şekil 2.33. WSDL Yapısı

WSDL dokümanı içerisinde olan özellikler ve çalışma prensipleri Şekil 2.33-34.'de gösterilmektedir.

Tip	Açıklama
One-way	İşlem istek mesajını gönderir fakat cevap dönmez.
Request-response	İşlem istek mesajını gönderir ve cevap döner.
Solicit-response	İşlem istek mesajını gönderir ve cevap için bekler.
Notification	İşlem istek mesajını gönderir fakat cevap için beklemez.

Şekil 2.34. WSDL Çalışma Prensipleri

2.7.7.1. XML

XML(Extensible Markup Language) bir birinden farklı platformlarda çalışan yazılımların haberleşebilmesi için standart haline getirilmiş veri işaretleme dilidir. Verileri belirlenen yapıda oluşturulup karşı tarafın kullanımına sunulabilmektedir. XML’de kullanılan etiketler dokümanı oluşturan kişi tarafından oluşturulabilirken diğer hususlarda kendine has kurallara sahiptir.

XML dosyası oluşturulurken uyulması gereken kurallar aşağıdaki maddelerde listelenmiştir.

- XML etiketleri hiyerarşik yapıya sahip olmalıdır.
- Açılan her etiket sonlandırılmalıdır.
- XML’ de etiketlere özellik atanabilir.
- XML harf duyarlılığı vardır.

Günümüzde XML dili veri aktarımı alanında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alanlara örnek olarak veri tabanları arasındaki veri alışverişleri, web sitelerinin haritaları, finansal verilerin kullanımını gibi alanlar gösterilebilir. Şekil 2.35’da örnek bir XML dosya yapısı gösterilmiştir.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <Dictionary xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
- <Words>
- <Word>
  <Value>House</Value>
  <Definition>A place where people live which provides
  shelter</Definition>
</Word>
- <Word>
  <Value>Car</Value>
  <Definition>A device to transport people</Definition>
</Word>
- <Word>
  <Value>Wood</Value>
  <Definition>Part of a tree</Definition>
</Word>
- <Word>
  <Value>Serializer</Value>
  <Definition>An object for transforming another object to or from a
  linear sequence of bytes</Definition>
</Word>
</Words>
</Dictionary>
```

Şekil 2.35. XML Dosya Yapısı

2.7.7.2. JSON

JSON, javascript uygulamaları için geliştirilmiş veri formatıdır. Bilgi alış verişini küçük boyutlarda gerçekleştirmesi JSON'un temel amacıdır.

JSON beş veri tipini desteklemekte olup number, string, array, boolean, object, null kullanılan veri tipleridir.

JSON tipindeki veriler temel iki kısımdan oluşmaktadır: key (anahtar) ve value (değer). Nesneyi oluşturan anahtar ve değerler string veri tipinde tanımlanmaktadır.

```
{
  "data":
  [
    {
      "id": 1,
      "name": "Sequel Pro 0.8",
      "version_string": "0.8",
      "appcast_url": "http://www.sequelpro.com/appcast/app-releases.xml",
      "build_no": 19,
      "release_notes": "",
      "download_link": "http://sequel-pro.googlecode.com/files/sequel-pro-0.8.dmg",
      "release_type": "Stable",
      "created": null,
      "updated": 1296545735,
      "release_date": 1207958400,
      "archive": 0
    },
    {
      "id": 2,
      "name": "Sequel Pro 0.9",
      "version_string": "0.9",
      "appcast_url": "http://www.sequelpro.com/appcast/release_0.9.html",
      "build_no": 30,

```

Şekil 2.36. JSON Dosya Yapısı

Şekil 2.36.'da örnek bir JSON dosya yapısı gösterilmekte olup dosya yapısında "id" anahtarının değeri "1", "name" anahtarının değeri ise "Sequel Pro 0.8" olarak tanımlanmıştır.

2.7.7.3. SOAP

Dağıtık uygulamalarda ve web servislerinin haberleşmesi için geliştirilmiş olup RPC (Remote Procedure Call) modelini kullanan protokoldür. İstemci sunucu mimarisini temel almaktadır. SOAP'la ilgili tüm mesajlar XML formatında olup metodların çağırılması ve cevap vermesi XML olarak gerçekleşmektedir.

Şekil 2.37.'de Web servisine post tipinde yapılan isteğin yapısı gösterilmektedir.

```
POST http://www.stgregorioschurchdc.org/cgi/websvccal.cgi HTTP/1.1
Accept-Encoding: gzip,deflate
Content-Type: text/xml;charset=UTF-8
SOAPAction: "http://www.stgregorioschurchdc.org/Calendar#easter_date"
Content-Length: 479
Host: www.stgregorioschurchdc.org
Connection: Keep-Alive
User-Agent: Apache-HttpClient/4.1.1 (java 1.5)
<?xml version="1.0"?>
<soapenv:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:cal="http://www.stgregorioschurchdc.org/Calendar">
<soapenv:Header/>
<soapenv:Body>
  <cal:easter_date soapenv:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
    <year xsi:type="xsd:short">2014</year>
  </cal:easter_date>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

Şekil 2.37. İstemci Talebi

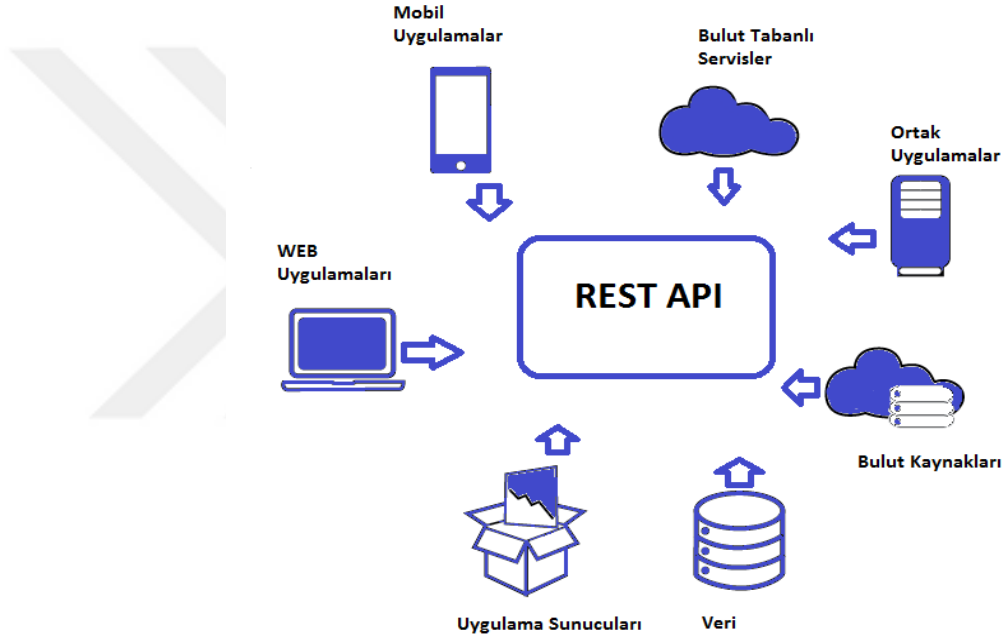
İstemci talebine karşı sunucu yanıtı ise Şekil 2.38.'deki gibi olacaktır.

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 22 Nov 2013 21:09:44 GMT
Server: Apache/2.0.52 (Red Hat)
SOAPServer: SOAP::Lite/Perl/0.52
Content-Length: 566
Connection: close
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<SOAP-ENV:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:SOAP-ENC="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<SOAP-ENV:Body>
  <namesp1:easter_dateResponse
xmlns:namesp1="http://www.stgregorioschurchdc.org/Calendar">
    <s-gensym3 xsi:type="xsd:string">2014/04/20</s-gensym3>
  </namesp1:easter_dateResponse>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Şekil 2.38. Sunucu Cevabı

2.7.7.4. REST API

SOAP ve WSDL tabanlı web servislerine göre hafifletilmiş olarak geliştirilmiş olup HTTP protokolünü (GET, POST, PUT DELETE gibi talep tipleri) kullanmaktadır. REST API yazılım geliştiricilere uygulaması kolay esnek bir yapı sunmaktadır. İstemci sunucu arasındaki iletilen bilgi XML, JSON, HTML, TEXT veri tiplerinde olmaktadır. REST mimarisini kullanılarak geliştirilen web servisleri RESTFUL servileri olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.39.' de REST API'nin etkileşimde olduğu teknolojiler gösterilmiştir.



Şekil 2.39. REST API

HTTP Metotları

Sunucuya hangi işlemi yapacağı HTTP istekleriyle gerçekleştirilmekte olup aşağıdaki listede sıralanmaktadır.

GET: Sunucudan veri almak olup bu metot genellikle sunucu veri kaynaklarına ulaşmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu metot sorgulama isteklerini URL üzerinden

göndermekte olup istemci sunucu arasındaki trafik incelenebilmektedir. Gizlilik ihtiyacı olan işlerde kullanılması tavsiye edilmemektedir.

POST: Sunucuya veri yazdırmak olup bu metotla sunucu talepleri URL ve mesaj gövdesinde sunucuya gönderebilmektedir. Mesaj gövdesinin kullanımı güvenlik risklerini ortadan kaldırmaktadır.

PUT: Sunucu kaynağında yer alan verinin güncellenmesi yapılabilmekte olup veri güncellenebilmesi için verinin id'sini gönderilmelidir.

DELETE: Sunucu kaynağında yer alan verinin silinmesi yapılabilmekte olup verinin silinebilmesi için verinin id'sini gönderilmelidir.

PATCH: Sunucu kaynağında yer alan verilerde kısmi güncelleme işlemi yapılabilmektedir.

OPTIONS: Sunucu üzerinde kullanılacak HTTP metodlarını sorgulamak için kullanılmaktadır.

REST API Gereksinimleri

Sunucu taleplere cevap verebilmesi için REST API'nin doğrulama, kullanıcı doğrulama, ön bellek, sayfalama, sıralama/filtreleme, versiyonlama, yetkilendirme/yetki kısıtlama gibi özellikleri ihtiva etmesi gerekmektedir. Şekil 2.40.'de örnek bir REST talebi gösterilmektedir.

```
GET http://www.catechizeme.com/catechisms/catechism_for_young_children/daily_question.js HTTP/1.1
Accept-Encoding: gzip,deflate
Host: www.catechizeme.com
Connection: Keep-Alive
User-Agent: Apache-HttpClient/4.1.1 (java 1.5)
```

Şekil 2.40. REST Talebi

Şekil 2.41.'de REST talebine karşılık verilen örnek bir cevap gösterilmektedir.

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 22 Nov 2013 22:32:22 GMT
Server: Apache
X-Powered-By: Phusion Passenger (mod_rails/mod_rack) 3.0.17
ETag: "b8a7ef8b4b282a70d1b64ea5e79072df"
X-Runtime: 13
Cache-Control: private, max-age=0, must-revalidate
Content-Length: 209
Status: 200
Keep-Alive: timeout=2, max=100
Connection: Keep-Alive
Content-Type: js; charset=utf-8
{
  "link": "catechisms\\catechism_for_young_children\\questions\\36",
  "catechism": "Catechism for Young Children",
  "a": "Original sin.",
  "position": 36,
  "q": " What is that sinful nature which we inherit from Adam called?"
}
```

Şekil 2.41. REST Cevap

REST API Response Yaygın HTTP Status Kodları

Tablo 2.2.'de sıklıkla karşılaşılan status değerlerine dair kısa açıklamalar yapılmaktadır.

Tablo 2.2. REST API Response Kodları

Kod	Durum	Açıklama
200	OK	İstek başarıyla tamamlandı.
201	Created	Yeni bir kaynak başarıyla oluşturuldu.
400	Bad Request	İstek geçersiz.
401	Unauthorized	İstek bir kimlik doğrulama belirteci içermiyor veya kimlik doğrulama belirtecinin süresi doldu.
403	Forbidden	Müşteri istenen kaynağa erişim iznine sahip değildi.
404	Not Found	İstenen kaynak bulunamadı.

405	Method Not Allowed	İstekteki HTTP yöntemi kaynak tarafından desteklenmektedir.
409	Conflict	Çakışma nedeniyle istek tamamlanamadı.
500	Internal Server Error	Sunucu tarafında bir iç hata nedeniyle istek tamamlanamadı.
503	Service Unavailable	Sunucu kullanılamıyor.

Bildirim kodlarının genel gruplandırmalar altında ifade etmek gerekirse;

- **1xx** – Bilgilendirme
- **2xx** – Başarılı İşlem
- **3xx** – Yönlendirme
- **4xx** – Kullanıcı Kaynaklı Hata
- **5xx** – Server Kaynaklı Hata

SOAP ve REST mimarilerinin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki maddeler halinde listelenmektedir.

- REST API, istemci-sunucu iletişimiyle ilgili bir mimari yapıya sahiptir.
- REST API, SOAP, RPC gibi karmaşık mimariler yerine HTTP protokolü yoluyla işlemektedir.
- REST API, SOAP, RPC'nin aksine kolay bir yapıdadır ve hızlıdır.
- REST API'nin SOAP gibi katı standartları yoktur aksine daha esnek bir yapıdadır.
- Elbette SOAP üzerinde güvenlik daha basit ve hızlı bir şekilde sağlanabilirken süreç REST için karmaşık bir hale gelebilmekte.
- REST API SOAP gibi proxy kullanmaya ve WSDL'e ihtiyaç duymaz.
- SOAP, güvenlik protokollerini bünyesinde bulundurur ve state bilgisini talep ve yanıtlarda saklar.

3. ARAŞTIRMA BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında yeraltı maden ocağında çalışan personelin konumunun tespitini yapabilmek için ortama Wi-Fi erişim noktaları yerleştirilmiş olup erişim noktalarının ortamda oluşturmuş olduğu Wi-Fi sinyal güçleri kullanarak parmak izi tabanlı konumlandırma gerçekleştirilmiştir. Yeraltı maden ocağında kurgulanan farklı senaryolar sonucunda elde edilen veriler arasında farklılıklar incelenmiştir. Geliştirilen yazılım kalibrasyon ve konumlandırma aşamalarından oluşacak şekilde tasarlanmıştır. İlk aşama olan kalibrasyon aşamasında Wi-Fi erişim noktalarının yerleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Erişim noktalarının Wi-Fi sinyal güçleri ile belirlenen referans noktalar arasında ilişkisel bir bağ oluşturulması amaçlanmıştır. Yapılan bu kalibrasyon işlemlerinin tamamlanması akabinde gerçek zamanlı konumlandırma işlemi yapılmaktadır. Bu konumlandırma işlemi için K-en yakın komşu (KNN) algoritması ve türevleri kullanılmıştır.

3.1. Saha Çalışması

Erişim noktalarının en uygun verimle çalışmasını sağlayacak şekilde konumlandırıldığı en temel aşamadır. İleride gerçekleştirilmesi planlanan aşamalar için saha çalışması büyük önem arz etmektedir. Bu kısımda oluşacak aksaklıklara önlemler alınarak ileri ki aşamaların sorunsuz bir şekilde çalışması sağlanmaktadır.

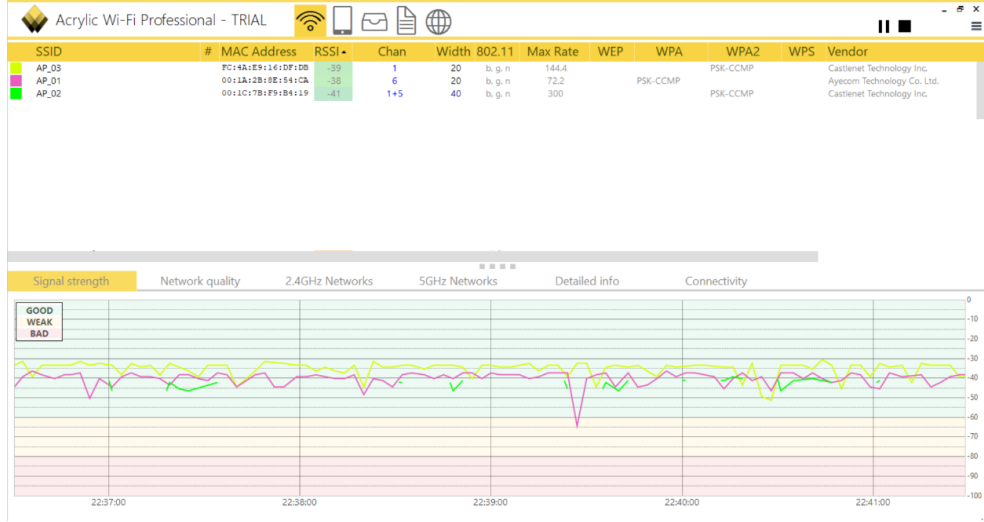
Wi-Fi erişim noktalarının sinyal kalitesi ortamda bulunan makine, madencilik ekipmanları ve yeraltı galerilerin yapısı gibi engellerden etkilenirler. Bu nedenle sinyal kalitesini en verimli şekilde elde edilmesi için kablosuz sistemlerin yer alacağı erişim noktalarının yerleştirilmesinde sistemin çalışacağı sahanın araştırmasının yapılması gerekmektedir. Erişim noktalarının kapsama alanları etkin olarak kullanılabilmesi için saha çalışması başlangıç noktası olup bu kısımda yapılacak eksik çalışmalardan dolayı bazı alanlarda düşük çekim güçleriyle karşılaşılabilir. Saha çalışması, ortaya çıkabilecek problemlerin çözülebilmesi için alanda yer alan erişim noktalarının konumlarının değiştirilmesi veya sayılarının artırılması gibi önleyici çözümlerin baştan alınmasına imkân sağlamaktadır.

Saha çalışmasıyla sistemin kurulacağı ortamın yapısı ve özellikleri belirlenir. Bu çalışmada sistemde kullanılacak sistem parçalarının teknik özelliklere belirlenir ve bunların konuşlandırılması konusunda bilgi sahibi olunur. Yapılan çalışmalar neticesinde sistemin kurulacağı yerin haritası çıkarılması, erişim noktalarının sayısı ve erişim noktalarının yayınladığı sinyal gücünün etkin şekilde kullanılması için erişim noktalarının yerleştirilmesi gibi işlemler bulunmaktadır.

Saha çalışmasında yeraltı maden ocağının ana galerisinin belirli bir alanında konum belirleme çalışması yapılmıştır. Çalışma alanı olan ana galeri hattında üç adet erişim noktası aralarında 10m mesafe olacak şekilde yerleştirilmiştir. Belirlenen erişim noktalarına Wi-Fi cihazlar yerleştirilmiş olup bu cihazların kapsama alanının etkin kullanılmasına dikkat edilmiştir. Sistemin tasarımı temel seviyede yer teşkil etmekte olup bu kısımda yapılan eksik veya yanlış tasarım sistemin başarılı bir şekilde çalışmasının engelleyecektir. Erişim noktalarının konumu ve sayısı sistem tasarımında temel seviyede yer teşkil etmekte olup daha sonra konum ve sayısında değişiklik yapılamamaktadır. Erişim noktalarının konumu ve sayılarının yapılan saha çalışmaları neticesinde en uygun durumda olduğu kabul edilmiştir.

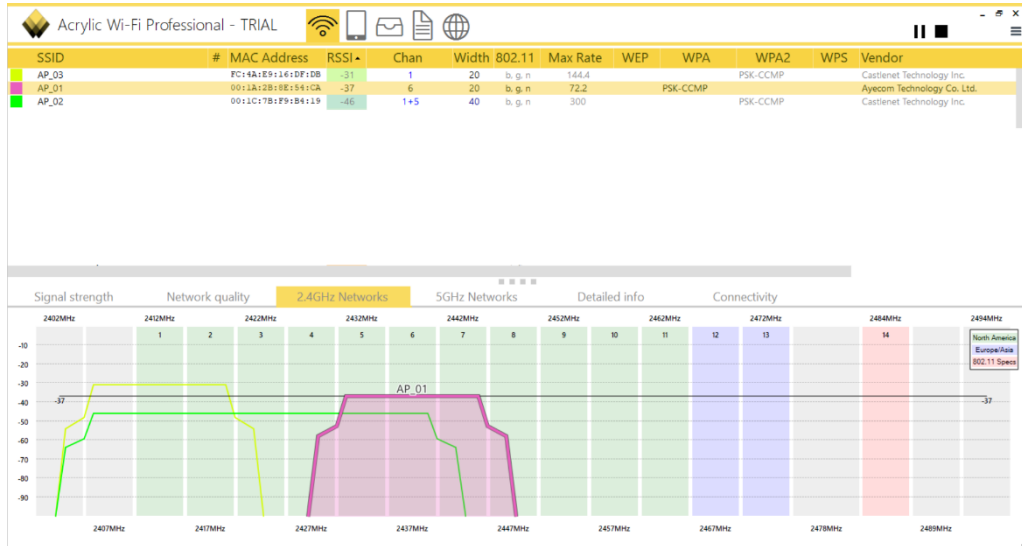
Saha çalışmasının bir diğer amacı konum belirleme işlemi sırasında kullanılacak sinyallerin alınacağı erişim noktalarının özelliklerinin belirlenmesidir. Bu sinyal güçlerini dağıtan erişim noktalarının SSID, sinyal güçleri ve MAC adresleri gibi ileri safhalarda kullanılacak özelliklerin gözlenmesini içerir.

Saha çalışmasında yayın yapan erişim noktalarının Acrylic Wi-Fi Professional programı kullanılarak sinyal güçleri tespit edilmiştir. Şekil 3.1.'de Acrylic Wi-Fi Professional programının çalışma ekranını göstermektedir.



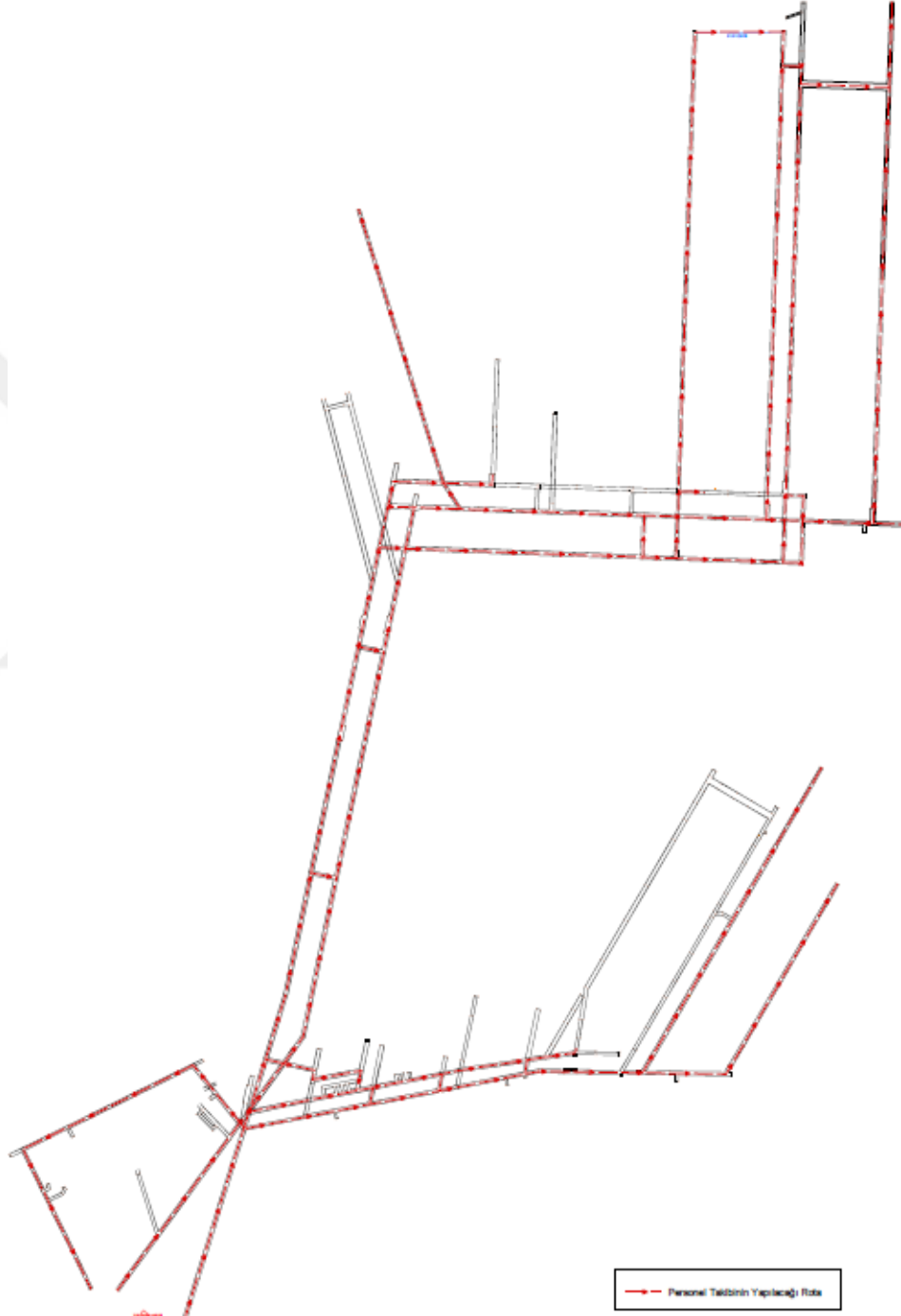
Şekil 3.1. Acrylic Wi-Fi Professional Programı Sinyal Gücü kısmı

Saha çalışması yapılırken çalışma yapılan alanın haritası çıkarılır. Harita, veri toplanması ve toplanan verilerin kullanılarak gerçek zamanlı yer tespiti işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekmektedir. Harita sayesinde referans noktalardan alınan sinyal güçleriyle eşleştirilmektedir. Bu veriler sayesinde gerçek zamanlı personelin konum belirleme işlemi yapılabilmektedir. Şekil 3.2.'de 2.4 Ghz bandında çalışan erişim noktalarının sinyal güçleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Acrylic Wi-Fi Professional Programı Ağ Kısmı

Çalışma sahasında yer alan erişim noktalarının yerleşim planlarında değişiklikler yapılarak birden fazla çalışma haritaları oluşturulmuştur. Söz konusu haritalar kullanılarak veri toplama ve konumlandırma işlemleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.3. Yeraltı Maden Ocağı Çalışma Haritası

Şekil 3.3.'deki Haritanın belirlenen çalışma kısımları Microsoft Visio tasarım aracı kullanılarak krokileri oluşturulmuştur. Oluşturulan krokiler temel alınarak veri toplama ve gerçek zamanlı konumlandırma işlemleri yapılmaktadır.

3.2. Veri Toplama

Saha çalışması aşamasından sistemin kurulum işlemi tamamlanmış olup veri toplama aşamasına geçiş aşamasına geçilmiştir. Veri toplama aşamasında kurulumu yapılan sistemin belirli noktalardan sinyal güçleri alınıp veri tabanına kayıt yapılma işlemi yapılmaktadır. Kaydedilen değerler konum tespit işleminin yapılması aşamasında kullanılmaktadır.

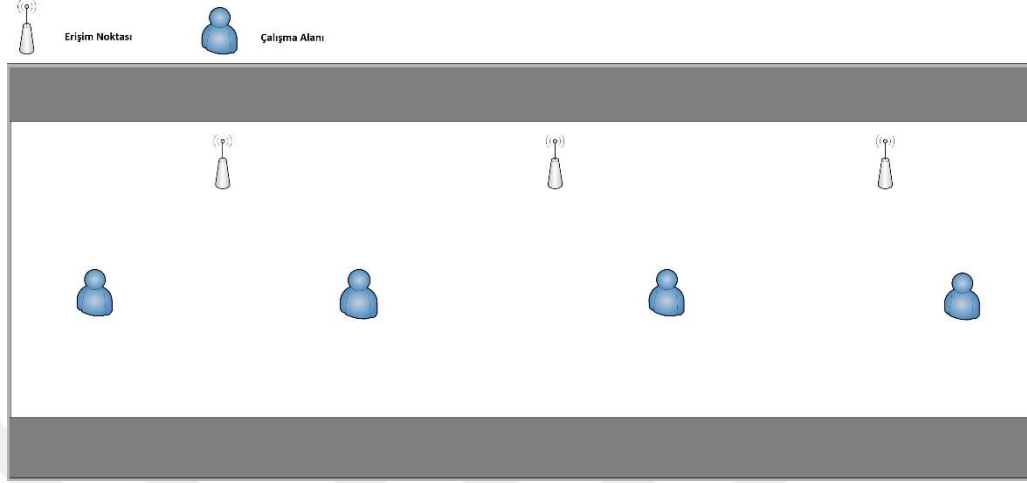
Belirlenen referans noktalarının veri tabanına girişi işlemine veri toplama olarak nitelendirilmektedir. Bu kayıt işlemi referans noktalarının X ve Y koordinat düzleminde nerede olduğu bilgisiyle erişim noktalarının sinyal gücünün bilgisinin eşleştirilerek veri tabanına kaydedilmesidir.

Erişim noktalarının yaymış olduğu sinyal güçlerini kaydedebilmek için Android tabanlı mobil cihazlarda çalışan uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulamada Android Wi-Fi API kullanılmıştır. Kullanılan bu API sayesinde erişim noktalarının sinyal güçlerin yanı sıra erişim noktalarını kendine özgü bilgilere de ulaşılabilir.

Wi-Fi API ortamda bulunan erişim noktalarının bir listesine ve bunların sinyal güçleri ve MAC adresleri gibi bilgilere ulaşılabilir.

Belirlenen referans noktalar, kroki üzerinde X ve Y koordinatları tespit edilmiştir. Referans nokta her bir erişim noktasından sinyal gücü verisi kaydedilmiştir. Elde edilen sinyal güçleri arasından, belirlenen eşik değeri aşanların ortalama değeri alınır, noktanın koordinatları ile birlikte veri tabanına kaydedilir. Referans noktalarının kroki üzerinde X ve Y koordinatları değerleri ile o noktadaki sinyal gücü değerleri [X, Y, AP1, AP2, AP3,.....,APn] şeklinde tutulmaktadır. Oluşturulan veri tabanı konumlandırma aşamasında kullanılmakta olup bu aşamada yapılan çalışmanın doğruluğu doğrudan konumlandırma aşamasına etki etmektedir. Veri alma işlemi 2m ve 1m aralıklarla değişik noktalardan yapılmıştır.

Şekil 3.4.'de veri toplama aşamasında kullanılan kroki görülmektedir. Haritada mavi renkle gösterilen noktalar sinyal gücü değerlerinin alınabildiği yerleri göstermektedir.



Şekil 3.4. Çalışma Sahası ve Erişim Noktaları

Saha çalışması ve veri toplama işlemlerinin gerçekleştirilmesiyle sonraki aşama olan konumlandırma aşaması gerçekleştirilmeye hazırdır.

Veri toplama işleminde oluşturulan veri tabanındaki değerler incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde, sinyal gücü değerlerinin çalışma sahası kapsamında erişim noktalarına olan mesafelere göre nasıl değiştiğidir. Sonuç olarak mesafe ile birlikte sinyal güçlerinin de azaldığı görülmüştür.

3.3. Konum Tahmini

Pozisyon tahmin safhası, anlık konum tahmin işlemlerinin yapıldığı kısımdır. Personelin bulunduğu yer, bu kısımda sistemden elde edilebilir. Kullanıcının bulunduğu yer önceki kısımlarda oluşturulan veri tabanındaki veriler kullanılarak bulunur.

Yer tahmin aşamasında personelin yeri önceden hazırlanmış referans noktalarının sinyal güçlerinin veri tabanındaki değerleri kullanılarak tahmin edilir. Çalışılan alanda ulaşılabilen erişim noktalarından gelen sinyallerin güç değerleri alınır. Bu değerler veri

tabanındaki değerlerle karşılaştırılarak yer tespit işlemi yapılmaya çalışılır. Bu evrede, çevredeki erişim noktalarından sinyal gücü alabilen hareketli bir cihaz çevreyi gözlemleyerek ulaşabildiği erişim noktalarından sinyal gücü değerleri alır. Hareketli cihaz bu işlemi belirli aralıklarla yapar. Elde edilen değerler, veri tabanındaki değerlerle kıyaslanarak kullanıcının bulunduğu yerin tespiti yapılabilir. Personelin anlık konumu belli aralıklarla harita üzerinde gösterilmeye çalışılır. Bu durumda karar verilmesi gereken bir nokta kullanıcının bulunduğu yerin tespit işleminin ne kadar sıklıkta yapılacağıdır. Diğer bir deyişle harita üzerinde güncelleme işleminin ne kadar süre sonra gerçekleştirileceğidir.

3.3.1. K-en Yakın Komşu (KNN)

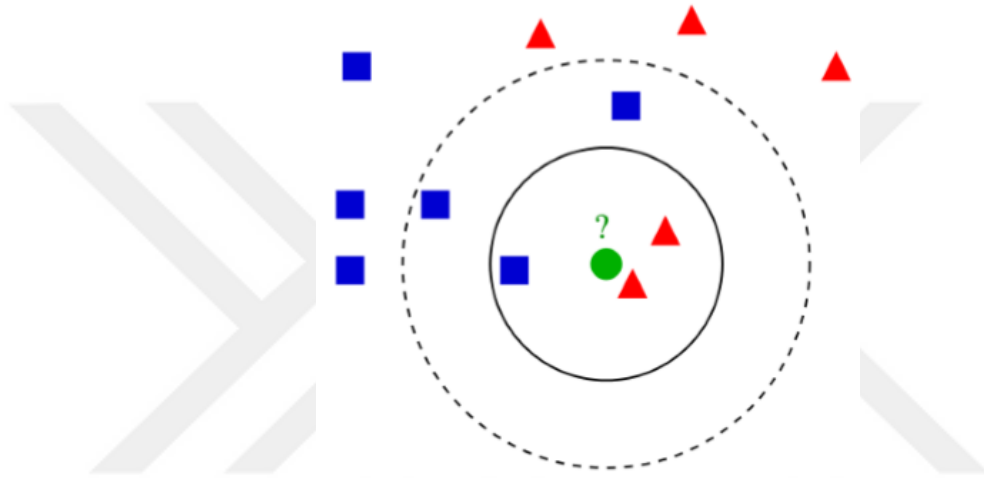
KNN algoritmaları, 1967 yılında T. M. Cover ve P. E. Hart tarafından önerilmiştir. K-en yakın komşu yöntemi veri madenciliğinde en bilindik yöntemi olup algoritma gözetimli öğrenme tekniğini kullanmaktadır. Bu nedenden dolayı uygulanması kolaydır. Endüstriyel alanda genellikle sınıflandırma sorunlarının üzümünde kullanılmaktadır. Yöntem temel olarak test kümesinden seçilen veriyi sınıflandırmak için seçilen veri ile eğitim veri seti arasındaki mesafe hesaplatılmaktadır. Algoritmada belirlenen k sayısı ile belirlenen noktanın en yakın k adet komşuluğu seçilmektedir. Mesafe lm işlemleri için genellikle Euclidean, Manhattan, Minkowski uzaklık lme fonksiyonları kullanılmaktadır.

Hesaplanmış olan tüm veriler Şekil 3.5'te görüldüğü gibi bir koordinat düzleminde bulunmaktadır. Sınıflandırılmak istenen veriye k adet en yakın veri seçilir ve seçilen komşulardan sınıf yoğunluğu olan sınıflandırılmak istenene verinin etiketi olmaktadır [53].

KNN algoritmasının işlem adımları:

- İlk olarak k parametresi belirlenir. Bu parametre verilen bir noktaya en yakın komşuların sayısıdır.

- Örnek veri setine katılacak olan yeni verinin, mevcut verilere göre uzaklığı tek tek hesaplanır.
- İlgili uzaklıklardan en yakın k komşu ele alınır. Öznitelik değerlerine göre k komşu veya komşuların sınıfına atanır.
- Seçilen sınıf, tahmin edilmesi beklenen gözlem değerinin sınıfı olarak kabul edilir. Yani yeni veri etiketlenmiş (label) olur.



Şekil 3.5. K-en Yakın Komşu (KNN) Yöntemi [54]

Şekil 3.5 üzerinden yeşil ile gösterilen sınıfı bilinmeyen veri ve k değerine göre sınıfı belirlenecektir. Örnek olarak K değeri 3 seçildiğinde, sınıfı belirlenecek olan yeşil veriye en yakın komşusu olan iki adet kırmızı üçgen örneği ile bir adet mavi kare olduğu görülmektedir. Seçilen 3 yakın komşu arasında kırmızı üçgen örnekleri daha fazla olduğu için test verisinin sınıfı kırmızı üçgenin sınıfı olmaktadır.

Algoritmaların performansı değerlendirilirken doğru çalışmasının yanında çalışma süreside büyük önem arz etmektedir. Algoritmanın işlem süresi, zaman karmaşıklığı olarak adlandırılmaktadır. K-en yakın komşu algoritmasında d boyutlu bir örnek uzayında, n adet veri sayısında en yakın komşu sinyalin sınıfının bulunma süresi $O(d*n)$ olarak hesaplanmaktadır.

K-en yakın komşu algoritması uygulaması her ne kadar kolay olmasına rağmen bazı önemli dezavantajlara sahiptir. Eğitim kümesinin büyük olması ve k değerini uygun seçilmesi KNN açısından çok önemlidir. Bu algoritmanın kötü tarafı her ekleme işleminde uzaklıkların hesaplanmasıdır.

3.3.2. Öklid Mesafesine Göre Konum Tahmini Yöntemi

Personelin konum belirlenebilmesi için mobil cihazın erişim noktalarından almış olduğu sinyal güç değerinin veri tabanında yer alan referans değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir. Bu işlemin belirli periyodlar dâhilinde yapılmasıyla çalışma alanında personelin konumunun tahmini aralıklarla tahmin edilmesine ve personelin çalışma alanındaki hareketlerini anlık olarak takip edilebilir. Erişim noktalarından gelen sinyal gücü ile veri tabanında yer alan referans noktaların sinyal güçlerinin karşılaştırılmasında belirlenen mesafe ölçüm algoritmaları ile yapılabilmektedir.

Konum tahmin işleminde iki nokta arasında mesafe ölçümü Öklid yöntemi kullanılarak yapılabilmektedir. Bu tahmin işleminde personelin bulunduğu yerin erişim noktalarından gelen sinyal gücü değeri ile veri tabanından bulunan referans noktanın sinyal güçlerinin Öklid yöntemi kullanılarak mesafe ölçümü yapılmaktadır.

Öklid mesafe ölçümü; veri tabanında bulunana referans noktalarının sinyal gücü değerinin personelin erişim noktalarından gelen sinyal gücü değeri arasındaki farkın karelerinin toplamının karekökünün alınmasıyla ölçümleme gerçekleştirilir.

Veri tabanında referans noktalarının koordinat ve sinyal güç değeri (X, Y, VAP1, VAP2, VAP3,, VAPn) ve personele erişim noktalarından gelen sinyal gücü değerleri (AP1, AP2, AP3,, APn) şeklinde ise Öklid mesafesi; $\sqrt{(AP_1 - VAP_1)^2 + (AP_2 - VAP_2)^2 + \dots + (AP_n - VAP_n)^2}$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Personele erişim noktalarından gelen sinyal gücü değerleri ile veri tabanında bulunan referans noktalarının sinyal gücü değerleri arasındaki ilişki Öklid mesafe ölçüm yöntemi ile yapılabilmektedir. Veri tabanında yer alan referans noktalar için elde

edilen Öklid mesafeleri arasından en küçük değere sahip olan nokta personelin tahmini konumu olarak belirlenir. Çalışma ortamında personelin konum belirme işlemi oluşturulan veri tabanı kullanılarak yapılabilmektedir. Personelin konumundan belirli periyod dâhilinde ve belirli sınırlar dâhilinde erişim noktalarından gelen sinyal gücü değeri veri tabanında yer alan değerler karşılaştırılır.

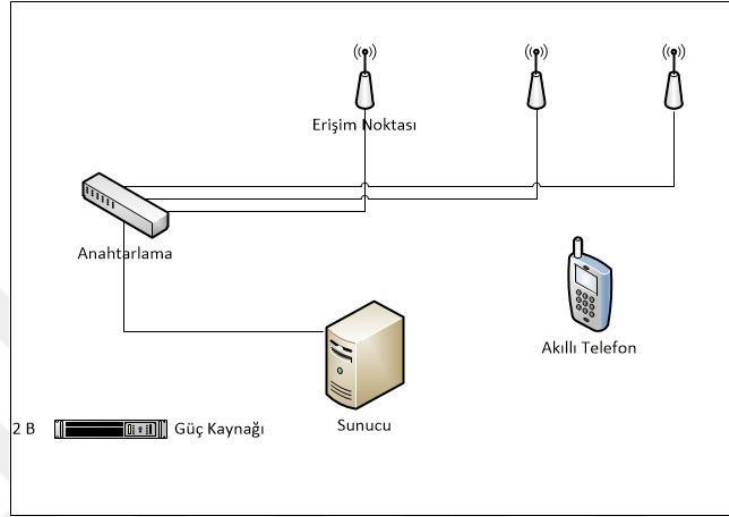
Öklid mesafesine göre personelin konumunun belirme algoritması basit bir yapıya sahiptir. Konum tahmin işlemleri bir birinden bağımsız olarak yapıldığından bir tahminin sonucu diğer tahmini etkilemeyeceğinden ortalama hata oranı en düşüktür. Bu yöntemin kısıtlayıcı noktası veri tabanında yer alan referans noktaları ile sınırlı olmasıdır. Veri tabanından bulunmayan noktalar için konum tahmini yapılamaz yapılsa dahi hatalı tahmin yapılmasına sebep olur. Hatalı tahminlerin önlenmesi için belirli periyodlar dâhilinde personelin çalışma alanında belirlenen referans nokta belirleme ve erişim noktalarında gelen sinyal güç haritalarını veri tabanında güncellenmesi gerekmektedir.

3.4. Mobil Tabanlı Uygulama

Yeraltı maden ocağında kullanılmak üzere Andorid tabanlı mobil uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım parmak izi yöntemi kullanılmış olup kalibrasyon ve konumlandırma aşamalarından oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Kalibrasyon aşamasında hali hazırda yeraltı maden ocağında kurulmuş olan Wi-Fi altyapısından faydalanılmıştır. Bu aşamada Erişim noktalarının Wi-Fi sinyal güçleri ile belirlenen referans noktalar arasında ilişkisel bir veri tabanı oluşturulmuştur. Kalibrasyon aşamasının tamamlanmasına takiben konumlandırma aşaması geçilmektedir. Konumlandırma aşamasında ilk aşamada oluşturulan ilişkisel veri tabanı kullanılarak gerçek zamanlı konum tahmini yapılmaktadır. Konumlandırma işlemi için K-en yakın komşu (KNN) algoritması ve türevleri kullanılabilir.

3.4.1. Sistem Tasarımı ve Tasarımda Kullanılan Donanımlar

Yeraltı maden ocağında üç adet erişim noktası, bir adet anahtarlama, bir adet sunucu, bir adet güç kaynağı ve bir adet akıllı telefon kullanılarak sistem ağ tasarımı Şekil 3.6.'daki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Ağ tasarımı

Yeraltı maden ocağı ana galerisine kurulumu yapılan sistem Resim 3.1.'de gösterilmektedir.



Resim 3. 1. Ana Galeriyeye Kurulumu Yapılan Sistem

I. Erişim Noktaları

Netmaster Kablosuz Kablo Modem Voice over IP Wireless Residential Gateway (Kablosuz Yerleşik Ağ Geçidi) ile entegre edilmiş modem, 4 portlu ağ anahtarı ve IEEE 802.11n kablosuz fonksiyonu ile yerleşik ağ geçidi olarak da kullanılabilir. Verilerinizi geniş bant ağa kolaylıkla yönlendirebilme yeteneği ile yerel ağınızı kablolu veya kablosuz olarak kolayca genişletilebilmektedir. Resim 3. 2.'de sistemde kullanılan erişim notaları gösterilmektedir.



Resim 3. 2. Erişim Noktaları

II. Sunucu ve Mobil Cihaz

Mobil cihazlar için geliştirilen yazılım, yazılımın geliştirilme sürecinde ve deneysel çalışmalar sürecinde Huawei P10 lite marka cep telefonu kullanılmıştır. Sahada çalışan personelin takibi için web tabanlı veri tabanı yazılımını geliştirilmiştir. Söz konusu bu geliştirme sürecinde Hp EliteBook 8560w sunucu veri tabanı ve web sunucusu olarak kullanılmıştır. Resim 3.3.'de sistemde kullanılan sunucu ve mobil cihaz gösterilmektedir.



Resim 3. 3. Sunucu ve Mobil Cihaz

III. Kesintisiz Güç Kaynağı ve Anahtarlama

Ana galeri üstüne kurulan sistem, erişim noktaları, sunucu 4 portlu TP-Link marka ağ anahtarla cihazı ile bir birine bağlanmıştır. Sistemin çalışabilmesi için S-Link marka 1 kW güç kaynağı kullanılmıştır. Resim 3.4.'de sistemde kullanılan güç kaynağı ve anahtarlama cihazı gösterilmektedir.



Resim 3. 4. Kesintisiz Güç Kaynağı ve Ağ Anahtarlama Cihazı

3.4.2. Mobil Uygulama Veri Girişi

Yeraltı maden ocağında çalışan personelin kullanması amacıyla geliştirilen mobil tabanlı Andorid uygulama; kalibrasyon ve konum tahmini aşamalarından oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Kalibrasyon aşamasında sistemin kurulmuş olduğu yerin tanımlanmasıyla başlanmaktadır. Yer tanımlama işleminin yapılmasına müteakip sırasıyla sistemde kullanılacak erişim noktaları ve referans nokta tanımlama işlemleri yapılmaktadır. Söz konusu işlemlerin tamamlanmasıyla konumlandırma aşamasına geçilmektedir. Kalibrasyon aşaması sistemin doğru şekilde çalışması için en temel aşama olup konum tahmin aşaması bu temel üzerine çalışmaktadır. Kalibrasyon aşamasındaki yanlışlıklar sistemin doğru şekilde çalışması engellemektedir.

Saha tanımlama ve listeleme işlemlerinin yapıldığı ara yüzler aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

Şekil 3.7-8.'de Geliştirilen istemci tarafı uygulamanın saha kayıt formu gösterilmektedir.

Şekil 3.7. Saha Kayıt Formu

Şekil 3.8. Saha Liste Formu

Saha listesinden seçilen yerin; erişim noktalarının, referans noktalarının tanımlandığı ve listelendiği Şekil 3.9-10'de gösterilmektedir.

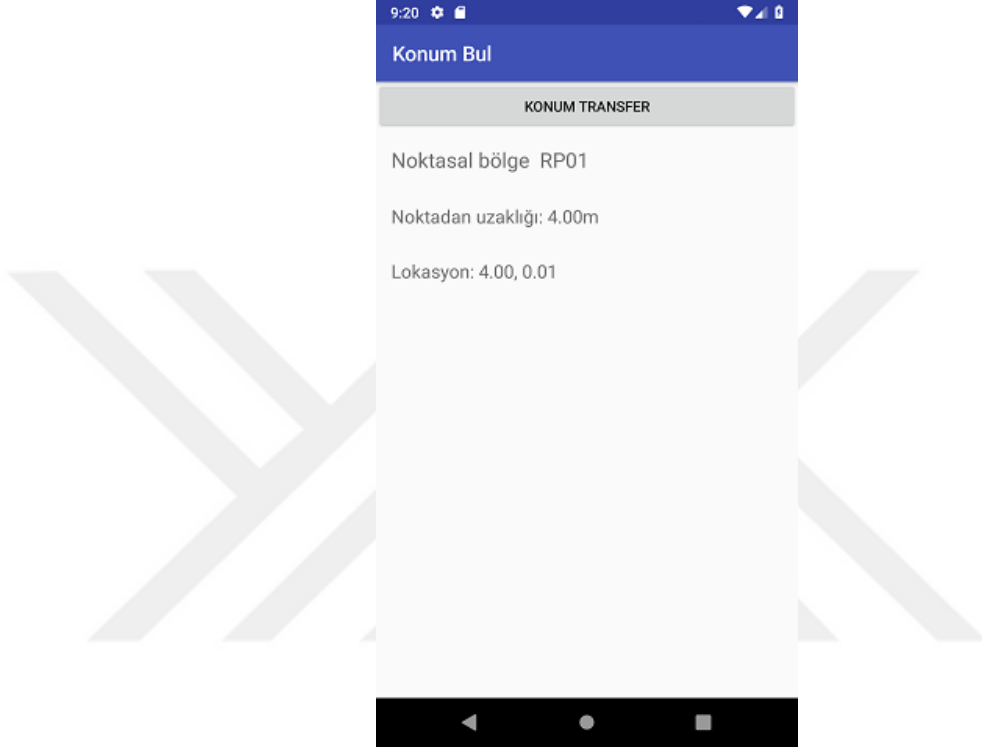
Şekil 3.9. Erişim Noktası Formu

Name	Mac	RSSI
AP01	02:15:b2:00:01:00	-50.0

Şekil 3.10. Referans Noktası Formu

3.4.3. Mobil Uygulama Konum Tahmini

Kalibrasyon aşamasında oluşturulan uygulama veri tabanı kullanılarak yeraltı maden ocağında çalışan personelin gerçek zamanlı konumunun belirlendiği aşamadır. Şekil 3.11’de personelin konumu hakkında bilgi alındığı form yer almaktadır.



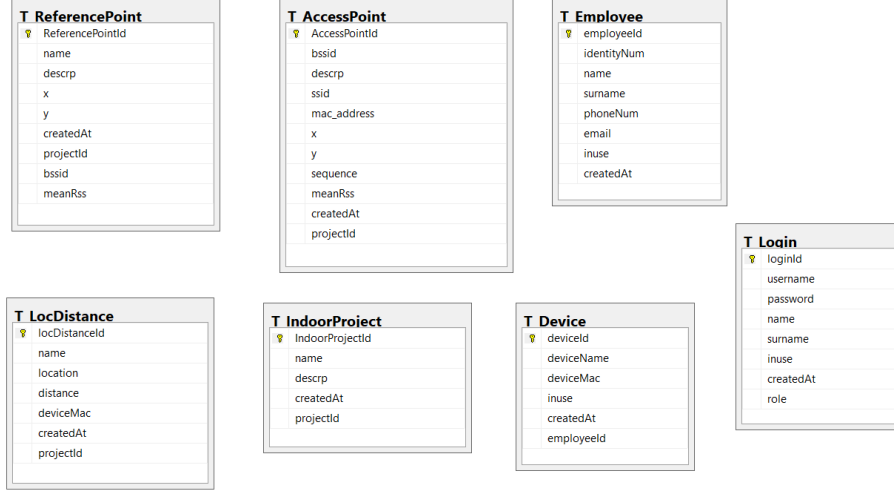
Şekil 3.11. Konum Tahmin Formu

Şekil 3.11’de yer alan formun konum transfer özelliği ile personelin anlık olarak konum bilgisi merkezi veri tabanına aktarılması sağlamakta olup bu aktarım sayesinde personelin konum bilgisi ana kontrol merkezinden takibi sağlanabilmektedir.

3.4.4. Personel Takip Uygulaması

Yeraltı maden ocağında çalışan personelin anlık olarak konum bilgisinin görebildiği web tabanlı uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulama; Asp.Net Web tabanlı uygulama olup personelin anlık bilgileri MS SQL Server 20102 R2 veri tabanında

saklamaktadır. Personel Takip uygulamasının veri tabanı Şekil 3.12.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Konum İzleme Uygulama Veri tabanı

Asp.Net WEB tabanlı geliştirilen uygulama; C# programla dili kullanılarak nesneye yönelik programlama tekniği, veri tabanı bağlantısı Ado.Net nesnelere, 3 katmanlı mimari kullanılarak geliştirilmiştir.

Aşağıda yer alan Şekil 3.13-14-15-16 'de yer alan ekran görüntüleri sistemin nasıl çalıştığı gösterilmektedir.

Şekil 3.13, Kimlik Doğrulama Formunu göstermektedir. Formun başlığı 'MADENCİ TAKİP OTAMASYONU' şeklindedir. Formun içeriği aşağıdaki gibidir:

- Kullanıcı adı giriş alanı (ikonlu)
- Şifre giriş alanı (ikonlu)
- 'Giriş' butonu

Şekil 3.13. Kimlik Doğrulama Formu

Geliştirilen personel takip uygulaması ile sahada bulunan personelin anlık takibi yapılabilmektedir. Bu uygulama sayesinde acil durumlarda personelin konum bilgisinden faydalanılarak olaylara hızlı ve etkin bir şekilde müdahalesi yapılabilmesine ilaveten personelin çalışma saatleri boyunca iz kayıtları tutulabilmektedir. Veri tabanında oluşturulan iz kayıtları geriye doğru sorgulanacak şekilde tutulmaktadır. Personel hareketliliği uygulama üzerinde gözlemlenebileceği gibi söz konu veri birçok uygulama için temel veri kaynağı olarak da kullanılabilir.

Şekil 3.14.'de çalışma alanında çalışan personel tarafından kullanılan mobil cihazların sunucu uygulamasına kayıt işlemi yapılmaktadır.

MADENCİ TAKİP OTAMASYONU

PERSONEL TAKİP MOBİL CİHAZ PERSONEL ÇIKIŞ

MOBİL CİHAZ KAYIT FORMU

Cihaz Adı	<input type="text"/>
Cihaz MAC Adresi	<input type="text"/>
Kullanım Durumu	Aktif <input type="button" value="Kaydet"/>

MOBİL CİHAZ LİSTESİ (2 adet kayıt)

Cihaz No	Cihaz Adı	Cihaz Mac	Durumu	Tarih		
1	Huawei P10 Mate Lite	90:94:97:b0:13:d1	Aktif	01.04.2019		
2	Vestel Venus	90:94:97:b0:13:d3	Aktif	01.04.2019		

© 2019 - MADENCİ

Şekil 3.14. Mobil Cihaz Kayıt Formu

Şekil 3.15.'de sahada çalışan personelin kayıt işlemleri yapılmakta olup personelin saha da kullanacağı mobil cihaz ataması bu işlem sırasında yapılmaktadır.

MADENCİ TAKİP OTAMASYONU

PERSONEL TAKİP MOBİL CİHAZ PERSONEL ÇIKIŞ

PERSONEL KAYIT FORMU

TC.No	
Adı	
Soyadı	
Tel No	
EPosta	
Durumu	Aktif ▼
Mobil Cihaz	Seçiniz ▼
<input type="button" value="Kaydet"/>	

PERSONEL LİSTESİ (2 adet kayıt)

Employeeid	TC.NO	ADI	SOYADI	TEL NO	EPOSTA	MÇİHAZ	DURUM	TARİH		
1	14047453682	İsmail	GÖK	5436346455	ismailgok@gmail.com	Huawei P10 Mate Lite	Aktif	01.04.2019		
2	5405598745	Mustafa	TÜRKMEN	5426978567	turkmenmus@gmail.com	Vestel Venus	Aktif	01.04.2019		

© 2019 - MADENCİ

Şekil 3.15. Personel Kayıt Formu

Şekil 3.16.'da sahada çalışan personelin anlık olarak takibi yapılabilmekte olup son çalışma konumları listelenebilmektedir.

MADENCİ TAKİP OTAMASYONU

PERSONEL TAKİP MOBİL CİHAZ PERSONEL ÇIKIŞ

PERSONEL TAKİP FORMU

27.05.2019 02:30:12

SAHA-PERSONEL KONUMU (2 adet kayıt)

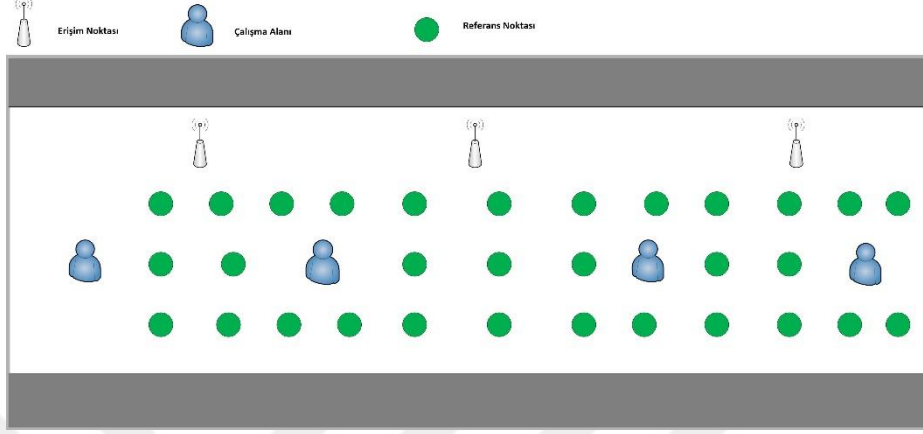
TC NO	ADI	SOYADI	TEL NO	EMAIL	DURUM	TARİH	MÇHAZ	SAHA	X	Y
14047453682	İsmail	GÖK	5436346455	ismailgok@gmail.com	1	01.04.2019	Vestel Venus	Saha01	5	4
5405598745	Mustafa	TÜRKMEN	5426978567	turkmenmus@gmail.com	1	01.04.2019	Huawei P10 Mate Lite	Saha01	4	5

© 2019 - MADENCİ

Şekil 3.16. Personel Takip Formu

3.5. Saha Uygulama Çalışması

Geliştirilen mobil uygulama Şekil 3.17. 'de yer alan uygulama krokisi üzerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Uygulama Krokisi

Yukarıda yer alan kroki üzerinde belirlenen referans noktaları arasındaki mesafe 2m ve 1m olacak şekilde iki aralıkta da denenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde referans noktaları arasındaki mesafe azaldıkça hata oranı artmakta olduğu gözlemlenmiştir.

Test sonuçları

İki senaryonun sonucu aşağıda tablolarda belirtilmiştir. Gerçek konum, uygulamayı test ettiğimiz konum anlamına gelir ve uygulama tarafından geri gönderilen konum, konumlandırma aşamasında uygulama tarafından değerlendirilen konum altındadır.

Tüm konum değerleri en yakın tam sayılara yaklaştırılmıştır. Kabul edilebilir sütün, her iki değer de ofset mesafesi ile değerlendirilir. Referans nokta aralığının iki katından büyükse, kabul edilemez.

Tablo 3.1. Test senaryosu 1 için sonuçlar (RN aralığı: 2m)

Test No	Gerçek Lokasyon		Tahmin Edilen Lokasyon		Kabul Durumu
	X	Y	X	Y	
1	02	08	02	10	Evet
2	02	18	02	16	Evet
3	02	28	02	26	Evet
4	03	7	03	8	Evet
5	03	10	03	12	Evet
6	03	15	03	14	Evet
7	05	18	04	22	Hayır
8	06	14	05	15	Evet
9	06	20	05	22	Evet
10	06	30	06	29	Evet
Başarı oranı					%90

Tablo 3.2. Test senaryosu 2 için sonuçlar (RN aralığı: 1 m)

Test No	Gerçek Konum		Tahmin Edilen Konum		Kabul Durumu
	X	Y	X	Y	
1	02	08	02	10	Hayır
2	02	18	02	16	Hayır

3	02	28	02	27	Hayır
4	03	7	03	8	Evet
5	03	10	03	13	Hayır
6	03	15	03	17	Hayır
7	05	18	04	15	Hayır
8	06	14	05	12	Hayır
9	06	20	05	24	Hayır
10	06	30	06	25	Hayır
Başarı oranı					%10

Sonuçlara göre, senaryo 1 en iyi % 90'lık başarı oranına sahipken senaryo 2 en düşük % 10'luk başarı oranına sahip. Senaryo 2 sonuçları için, % 10'luk başarı oranının nedeni, bilinmeyen noktanın yakındaki birden fazla referans noktasına benzer mesafelere sahip olmasıdır. Bu durumda, eşleştirme algoritması, kısıtlı referans nokta aralığı nedeniyle en iyi eşleşen birini başarıyla tanımlayamaz. Sonuç olarak iki senaryo arasında karşılaştırarak, senaryo 1 için RN kurulumunun aralıklarının, testlerde konum belirleme için güvenilir olduğu sonucuna varabiliriz.

Bir konumlandırma sisteminin performansı esas olarak hem konumlandırma algoritması hem de gözlem kalitesi ile belirlenir.

Farklı mobil cihazlar, Wi-Fi adaptörlerinin farklı performansları nedeniyle farklı gözlemler elde edilebilmektedir. Gözlemlerin kalitesi doğruluk, istikrar ve başarı oranı gibi çeşitli faktörlerle ölçülebilir.

Bir mobil cihaz tarafından değişmemiş çevresel ayarların altında sabit bir noktada bir dizi RSS değeri alındığında, RSS'lerdeki varyasyonlar ne kadar küçükse, RSS gözlemleri o kadar stabil olur. RSS gözlemlerinin başarı oranı için, bir mobil cihaz ya

stabil RSS gözlemleri sağlayamaz ya da aralık dışı RSS değerleri alamaz. Bu başarısızlık büyük olasılıkla Wi-Fi adaptörünün kalitesizliğinden kaynaklanmaktadır.

3.6. Wi-Fi Tabanlı Konumlandırmada Teknik Zorluklar

Akıllı telefonları bir platform olarak kullanarak sinyal gücü tabanlı iç mekân konumlandırma sistemini tasarlama ve dağıtmada bazı teknik zorluklar var. RSS'nin iç ortamlardaki dengesizliği, RSS tabanlı WLAN konumlandırma sistemleri için en büyük zorluktur.

- Birinci neden, WLAN sinyalleri, çok yollu ve sönümlenme etkileriyle karşılaşır. Ayrıca RSS değeri, aynı yerde alınsa bile zaman içinde değişebilir.
- İkincisi, IEEE 802.11 WLAN frekans aralığı, mikrodalga fırınlar, akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve diğer kablosuz sinyal vericileri gibi diğer birçok cihazla paylaşılan 2,4 GHz kamu bandındadır. RSS verilerini toplamak ve karşılık gelen konum bilgisini bir veri tabanında saklamak için kullanılan kalibrasyon aşamasında, bu cihazlar büyük olasılıkla radyo parazitine yol açacak ve kablosuz sinyal kuvvetinin dalgalanmasına neden olacaktır.
- Ayrıca, normal insan vücudu WLAN sinyal gücünü de etkileyebilir, çünkü 2.4 GHz Wi-Fi sinyal gücü % 70 sudan oluşan su ve su 2.4 GHz'deki rezonans frekansını emebildiğinden insan vücudunda büyük ölçüde azaltılabilir. Bu nedenle, bir akıllı telefon kullanılarak sinyal kuvvetleri toplandığında, akıllı telefon ile bir erişim noktası (AP) arasındaki düz çizgideki RSS değerleri kişinin vücudundan etkilenecektir. Bunun üstesinden gelmek için, deneyde de zaman faktörüne sahip olabiliriz; bu da AP'nin ortalama değerlerini değiştirebilir. Bu durumda kalibrasyon aşamasında okumaları günde birkaç kez yapmamız gerekir.

Wi-Fi tabanlı sistemler, internet altyapısının yaygınlaşmasıyla hemen hemen her kaplı ortamda kullanılmaktadır. Bu mevcut altyapının kullanılması sistemin kurulum maliyeti açısından büyük bir avantaj sağlamakta olup Wi-Fi alt yapısını kullanan mobil cihazlar sisteme bağlanmak için ilave bir donanıma ihtiyaç duymaması sistemin

kurulum işletimini kolaylaştırmaktadır. GPS teknolojisi konum belirlemek için uydu görüş sahası içinde olması gerekirken Wi-Fi tabanlı sistemlerde sinyallerin direk görüş olmaksızın istemciye ulaşabilmesi iç ortam konum belirlemede yaygın bir şekilde kullanımı sağlamaktadır. Erişim noktalarının ulaştığı her bir mobil cihaz hakkında bilgi edinilebilmektedir. Wi-Fi tabanlı sistemin RFID ve Bluetooth gibi sistemlere göre geniş bir kapsama alanına sahip olmasından dolayı iç ortam konumlandırma teknolojileri arasında öne çıkarmaktadır. Ayrıca Wi-Fi tabanlı sistemle birçok iç ortam konum belirleme yöntemleri kullanılabilir.

4. SONUÇ

Dış ortamlarda GPS kullanılması yüksek doğrulukta konumlandırma sonuçları elde edebilmekte iken iç mekân ortamlarında, GPS sinyallerinin zayıflaması veya engellenmesi nedeniyle GPS teknolojisi etkili bir şekilde kullanılamaz. Bu nedenle, Wi-Fi tabanlı konumlandırma teknolojisi iç mekân ortamları için araştırılmış ve geliştirilmiştir. Wi-Fi teknolojisi IEEE tarafından geliştirilmiş olup kablosuz protokolü yaklaşık olarak yıl önce yayınlanmıştır. Wi-Fi teknolojisinin geniş kapsamı yüksek hız, kablosuz bağlantısı nedeniyle Wi-Fi teknik standartları gelişmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Akıllı telefon teknolojilerinin yaygın kullanımı ve dâhili Wi-Fi modülünün bulunması nedeniyle tercih sebebi olmuştur. İç mekân konumlandırması için akıllı telefonların ve Wi-Fi'nin entegrasyonunun araştırma ve endüstri ticarileştirmesinde yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. İç mekân ortamındaki temel zorluklar, RSS tabanlı parmak izi tekniğinin en uygun çözüm olduğu ve akıllı telefonların geniş kullanımı nedeniyle en uygun mobil cihaz olduğu sonucuna varılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan konum tahmin yöntemleri ve parmak izi tekniği algoritmaları incelenmiştir.

İç ortam Wi-Fi konumlandırma teknolojisini üzerine araştırma ve geliştirmelerde bulunulmuştur. Yeraltı maden ocağında çalışan personel tarafında kullanılması amacıyla akıllı telefonlar üzerinde çalışabilecek Android tabanlı uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama yeraltında çalışan personelin anlık konum bilgisini belirli periyodlar dâhilinde izleme merkezine iletmektedir. İzleme merkezinde kullanılan

yazılımda için web tabanlı olup yeraltında çalışan personelin çalışma sahasında nerede olduğu görsel olarak takip edilebilmektedir. Wi-Fi parmak izi teknolojisinin çeşitli aşamalarını, işlemlerini içeren istemci sunucu mimarinde mobil ve web tabanlı uygulamalar tasarlanmış olup iki farklı platform arasında veri alışverişini gerçekleştirilebilmesi için Restful web servisi mimarisi kullanılarak geliştirilen yazılım aracıyla sağlanmaktadır.

Geliştirilen sistemin yüksek doğrulukla konum belirleyebilmesi için belirlenen çalışma ortamında iki farklı referans nokta aralığı (1m ve 2m) kullanılarak iki harita oluşturulmuştur. Bu iki harita üzerinde personelin konumunu belirlenmeye çalışılmış olup elde edilen sonuçlar personelin gerçek konumları ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma ile parmak izi tabanlı konumlandırma için uygun referans nokta aralığının uygulanmasının, konumlandırma doğruluğunu önemli ölçüde artırabileceğini gösterilmektedir.

Gelecekteki çalışmalar için önerilen Wi-Fi tabanlı konumlandırma sisteminin performansını artırmak için bir takım değişiklikler yapılabileceği gözlemlenmiştir. Performans ve sisteme olan güvenirliliği sağlanabilmesi için sistemin temelini oluşturan unsurlar üzerinde durulmaktadır.

- Farklı marka Wi-Fi adaptörlerin kullanımı: Önerilen İç mekân konumlandırma sistemi cihaza bağlıdır, bu nedenle çeşitli alıcı özelliklere sahip farklı marka Wi-Fi adaptörlerinin test edilmesi sistemin güvenirliliğini artırabileceği ön görülmektedir.
- Cihaza bağlı hataların etkisini azaltmak ve yeni yöntemlerin keşfini sağlamak için daha fazla deneysel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan Huawei akıllı telefon yerine bu işlemler için özelleştirilmiş mobil cihazların kullanımı test sonuçlarına daha başarılı olmasını sağlayacaktır.
- Mobil cihaz üzerinde bulunan sensörlerin kullanımı: Mevcut akıllı telefonların çoğu, Wi-Fi adaptörüne ek olarak dijital pusula, ivme ölçer gibi diğer sensör türleriyle de donatılmıştır. Sensörlerden elde edilen veriler iç mekân

konumlandırması için yararlı bilgi kaynağı olarak kullanılabileceği ön görülmektedir. Sensörlerin entegrasyonu ile tasarlanan hibrit sistemlerin güvenilirliği ve doğruluğu artırmak için yeni algoritmalar geliştirilmeli ve performansları değerlendirilmelidir.



KAYNAKLAR

- [1] Nidhi Verma, —Determining the Algorithm for Location Based Services Using Indoor Positioning Techniques‖ International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 2, Issue 7, July 2012.
- [2] Chenshu Wu, Zheng Yang, Yunhao Liu and Wei Xi, —Wireless Indoor Localization without Site Survey” Ieee Transactions On Parallel And Distributed Systems, Vol. 24, No. 4, April 2013.
- [3] Tareq Alhmiedat, Ghassan Samara, —An Indoor Fingerprinting Localization Approach for ZigBee Wireless Sensor Networks”, European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X / 1450- 202X Vol. 105 No 2 July, 2013, pp.190-202.
- [4] Jun MA, Xuansong LI, Xianping TAO and Jian LU, —Cluster Filtered KNN: A WLAN-Based Indoor Positioning Schemel, State Key Laboratory for Novel Software Technology Department of Computer Science and Technology, Nanjing University NO.22 Han Kou Road, Nanjing 210093.
- [5] P. Prasithsangaree, P. Krishnamurthy, P.K. Chrysanthis, On Indoor Position Location With Wireless LanSl, Telecommunications Program, University of Pittsburgh, Pittsburgh PA 15260, {phongsak, prashant}@mail.sis.pitt.edu.
- [6] Zahid Farid, Rosdiadee Nordin, and Mahamod Ismail, —Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System” Hindawi Publishing Corporation Journal of Computer Networks and Communications Volume 2013, Article ID 185138.
- [7] Hui Liu, Houshang Darabi, Pat Banerjee, and Jing Liu, —Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems‖, Ieee Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews, Vol. 37, No. 6, November 2007.

[8] Mohammed A H Lubbad, Mahmoud Z. Alkurdi, Aiman Abu Samra, —Robust Indoor Wi-Fi Positioning System for Android- based Smartphone, International Journal of Research in Business and Technology Volume 3 No. 2 October 2013.

[9] Nor Aida Mahiddin, Elissa Nadia Madi, Siti Dhalila, Engku Fadzli Hasan, Suhailan Safie and Noaizan Safie, — User Position Detection In An Indoor Environment, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering Vol.8, No.5, 2013.

[12] Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, R.G:28770, [Ziyaret Tarihi: 15 Eylül 2018].

[13] Sosyal Güvenlik Kurumu, Sgk İstatistik Yıllıkları, 2010-2018.

[14] The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Basic tutorial on wireless communication and electronic tracking: technology overview, <http://www.cdc.gov/niosh/mining/content/emergencymanagementandresponse/commtracking/commtrackingtutorial1.html> [Ziyaret Tarihi: 12 Eylül 2018]

[15] Schafrik S.J, Evaluation and Simulation of Wireless Communication and Tracking in Underground Mining Applications, Doctor of Philosophy In Mining Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Sayfa 3-7, 2013.

[16] Novak T, Snyder D.P, Kohler J.L, Post Accident Mine Communications and Tracking Systems, IEEE Transactions on Industry Applications, 46(2); 712-719, 2010.

[17] Douglas A.D, Status of Communication and Tracking Technologies in Underground Coal Mines, University of Kentucky, Sayfa:1-10, 2014.

[18] The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Advanced Tutorial on Wireless Communication and Electronic Tracking,

<http://www.cdc.gov/niosh/mining/content/emergencymanagementandresponse/commtracking/advcommtrackingtutorial1.html>, [Ziyaret Tarihi: 5 Eylül 2018].

[19] SÖKMEN, M.E., Yeraltı Madenlerinde Personel Takip ve Haberleşme Sistemlerinin İncelenmesi. ÇSGB, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, 2016.

[20] Çınar, S. Mobil Android Ortamında Parmak İzi Tanıma Ve Kimlik Doğrulama Sisteminin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.

[21] Minalliance- The Quebec Mining Industry's Association, 100 Innovations in the Mining Industry, Sayfa:59-69, Montreal, 2012.

[22] Inset System, Inertial Sensor Tracking System Technical Presentation, <http://arlweb.msha.gov/REGS/Comments/06-22/Transcripts/Presentations/InSeT.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 12 Eylül 2018]

[23] Mautz, R. 2012. Indoor Positioning Technologies. Habilitation Thesis, ETH Zurich, 1-128

[24] Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., and Liu, J. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, Vol:37, No:6, pp. 1067-1080, 2007.

[25] Sterling, G., and Top, Gerek. Mapping the Indoor Marketing Opportunity. Opus Research, Inc. 2014.

[26] Farid, Z., Nordin, R. and Ismail, M., Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. Journal of Computer Networks and Communications, 1-12, 2013.

- [27] Kök, İ.Ş., Bina İçi Konumlandırma Sistemi. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [28] Mautz, R. and Ochieng, W.Y. A Robust Indoor Positioning and Auto-Localisation Algorithm. *Journal of Global Positioning Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 38–46, 2007.
- [29] Disha, A. A Comparative Analysis on Indoor Positioning Techniques and Systems. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3 (2), 1790-1796, 2013.
- [30] Koyuncu, H., and Yang, S. H. A Survey of Indoor Positioning and Object Locationing Systems. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 10 (5), 121-127, Loughborough. 2010.
- [31] Anonymous, 2018a. <http://www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-GPS-Pseudo-Satellite-Pseudolites-Definition.html> [Ziyaret Tarihi: 12 Eylül 2018]
- [32] Bayındır, L., Karabey, I. Yaya Parakete Hesabında Kullanılan Adım Tespit ve Adım Uzunluğu Tahmin Yöntemlerinin Bir Değerlendirmesi. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, 753-757, Bursa 2014.
- [33] Subbu, K.P., Gozick, B., and Dantu, R. LocateMe: Magnetic-fields-based Indoor Localization using Smartphones. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 4 (4), ACM New York, NY, USA. 2013.
- [34] Krumm, J. (Editor), *Ubiquitous Computing Fundamentals*. CRC Press, Microsoft Corporation Redmond, Washington, U.S.A, 2010.
- [35] Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., and Liu, J. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, Vol:37, No:6, pp. 1067-1080, 2007.

[36] Onur Türkyılmaz, Fatih Alagöz, Gürkan Gür, and Tuna Tuğcu “Environment-Aware Location Estimation in Cellular Networks” Hindawi Publishing Corporation EURASIP Journal on Advances in Signal Processing Volume 2008, Article ID 276456, 9 pages

[37] Metin Barut, Özgün Bayrak, Çağrı Temizyürek, Onur Türkyılmaz Hücresel Ağlarda Konum Belirleme RSS Tabanlı Çözümler
“http://www.emo.org.tr/ekler/17e15eb12bbe8_ek.pdf “[Ziyaret Tarihi: 28 Şubat 2019]

[38] Yer Takip Yaklaşımları
“<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich2.html>”,
[Ziyaret Tarihi: 12 Mart 2019]

[39] Krzysztof W. Kolodziej, Johan Hjelm, “Local Positioning Systems LBS Applications and Services”, CRC Press, 2006.

[40] William Stallings Wireless Network and Communication Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005.

[41] SİNYAL GELİŞ AÇISI, “<http://www.trueposition.com/web/guest/aoa>”, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019]

[42] Huang, H., Post Hoc Indoor Localization Based on RSS Fingerprint in WLAN. Ms Thesis, Master of Science in Electrical and Computer Engineering, 1-68, 2014.

[43] Jaegel Yim, “Introducing a decision tree-based indoor positioning technique”, Expert Systems with Applications 34 1296–1302, 2008.

[44] Cesare Alippi, Alan Mottarella, Giovanni Vanini, “A RF map-based localization algorithm for indoor environments”, IEEE, 2005.

- [45] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Tim Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, Bill Schilit, “Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild”, 2005.
- [46] Yu-Chung Cheng, YatinChawathe, Anthony LaMarca, John Krumm, “Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization”, International Conference On Mobile Systems, Applications And Services, pp.233-245, 2005.
- [47] Jaegeol Yim, “Introducing a decision tree-based indoor positioning technique”, Expert Systems with Applications 34 1296–1302, 2008.
- [48] MIT CRICKET, “<http://cricket.csail.mit.edu/>”, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019]
- [49] Developer, A., 2018b , <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html> [Ziyaret Tarihi : 23 Eylül 2018]
- [50] Hibben M.W., 2010, <http://www.technomicon.com/ElectroPolitics/ElectroPolitics-11-15-10.html> [Ziyaret Tarihi : 12 Mart 2019]
- [51] Anonim, 2017, FPGAnedir.com, http://www.fpganedir.com/android/aktivite_yonetim/index.php [Ziyaret Tarihi: 23 Eylül 2018]
- [52] Modern ASP.NET web uygulamaları e-kitabı, 2019, “<https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/common-web-application-architectures>” [Ziyaret Tarihi: 1 Eylül 2019]
- [54] Anonymous 2018a. https://en.wikipedia.org/wiki/K-arest_neighbors_algorithm [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2019]

[55] Anonymous, 2018b. <https://realm.io/docs/java/latest> [Ziyaret Tarihi : 30 Ekim 2018]

[56] Anonymous, 2018b. <http://koddunyasi.org/sqlite-veritabani-nedir/> [Ziyaret Tarihi: 23 Eylül 2018]

[57] Anonymous, <https://dzone.com/articles/how-realm-is-better-as-compared-to-sqlite> [Ziyaret Tarihi: 23 Eylül 2019]

