



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİBRİT YÖNTEMLER İLE KAPALI MEKÂN KONUM BELİRLEME

Behlül Numan ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman
Doç.Dr.Ayhan CEYLAN

AĞUSTOS-2015
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Behlül Numan ÖZDEMİR

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HİBRİT YÖNTEMLER İLE KAPALI MEKÂN KONUM BELİRLEME

Behlül Numan ÖZDEMİR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan CEYLAN

2015, 52 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Ayhan CEYLAN

Bu araştırmada ilk olarak kapalı mekân konum belirleme ve yön tayini hususunda harita mühendisliği ve diğer disiplinlerde geniş bir çerçevede inceleme gerçekleştirilmiştir. İç mekânlarda kullanılan konum belirleme yöntemleri ve teknolojileri araştırılmış, bu teknoloji ve yöntemlerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Bu tez kapsamında programlama çözümü ile kullanıma en yatkın yöntem ve teknolojik altyapı olarak Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasında yapılacak saha çalışmaları için WI-FI teknolojisi ile parmakizi yöntemleri seçilmiştir. Parmakizi veritabanı oluşturulurken A Blok için referans nokta sayısındaki değişikliğin konum tahminine etkisi araştırılmıştır. Yapılan testlerde az sayıda referans nokta sayısına sahip sistemlerde konum bilgisi için anlamlı tek bir sonuç elde edilemediği görülmüştür. A blok test değerleri, erişim noktası sayısı daha fazla olan B Blok ile karşılaştırılmış ve erişim noktası sayısının, her bir referans noktası için eşsiz sinyal deseni oluşturulmasında kritik rol oynadığı görülmüştür. Konum doğruluğu kriterinin, referans noktası sayısı, erişim noktası sayısı ve konum belirlemede kullanılan veritabanı ve algoritma ile yakından ilişkili olduğu ve değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kapalı Mekân Konum, Wi-Fi Parmakizi,

ABSTRACT

MS THESIS

INDOOR POSITIONING USING HYBRID METHODS

Behlül Numan ÖZDEMİR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

2015, 52 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

In this research, in geomatics and other disciplines, a wide context study has been done. Position determination methods and technologies were investigated and the advantages and disadvantages with respect to each of these technologies and methods have been examined. The Wifi Fingerprinting method has been chosen for application, which fits better for a programming solution and the application area has been chosen as Selcuk University Engineering Faculty building. To investigate the effect of the number of reference points for the position estimation accuracy, A-Block was selected. In tests, systems that have low number of reference points delivered insignificant and non-unique position solutions. A-block test values were compared with the B-block that have more access points than A-block. The number of access points in system has been shown to play critical role in creating the unique signal pattern for each reference point. The number of reference points, the number of access points, database and the position estimation algorithm were found to be closely associated with the location accuracy criteria.

Keywords: IPS, Indoor Positioning, Wi-Fi Fingerprinting

ÖNSÖZ

İnsanlar, geçmişten bugüne pekçok farklı amaçla konum bilgisine ihtiyaç duymuşlardır. Bu ihtiyaca cevap vermek için bilim insanları birçok alanda sayısız çalışmalar yapmışlardır ve halen de bu çalışmalar sürmektedir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, yapılan çalışmalara hız kazandırmış ve farklı alanların ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir. Bu alanlardan birisi de kapalı mekânlara yönelik konum belirleme sistemleridir. Teknolojinin gelişmesiyle yaşam biçimi değişen insanların, hangi mekânda olursa olsun bilgiye erişebilmesi mümkün hale gelmiştir. Kuşkusuz konum bilgisi de bunların önde gelenlerindendir.

Bu tez kapsamında kapalı mekânlarda hibrit yöntemler kullanılarak, kurulumu ve bakımı kolay konum belirleme sistemleri incelenmiştir.

Tezin hazırlanması süresince, bilimsel tecrübelerini aktaran ve bana her zaman yol gösteren danışman hocam sayın Doç. Dr. Ayhan CEYLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Behlül Numan ÖZDEMİR
KONYA-2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KONUM BAZLI HİZMETLERİN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ **3**

2.1. Doğruluk 3
2.2. Tepki Süresi 3
2.3. Kapsama Alanı 3
2.4. Uyum Sağlayabilme 4
2.5. Ölçeklenebilirlik 4
2.6. Maliyet 4
2.7. Karmaşıklık 5

3. KAPALI MEKÂNLARDA KONUM BELİRLEME TEKNOLOJİLERİ **6**

3.1. Ultrasonik Sistemler 6
3.1.1. Active bat 6
3.1.2. Cricket 7
3.1.3. Sonitor 9
3.2. İşitilebilir Ses Sistemleri 9
3.2.1. Beep 10
3.3. Manyetik Sistemler 11
3.3.1. Motionstar wireless 11
3.4. Görüntü Tabanlı Sistemler 12
3.4.1. Easy living 12
3.5. Kızılötesi Sistemler 13
3.5.1. Aktif Rozet 13
3.5.2. Firefly 14
3.5.3. Optotrak 15
3.6. Radyo Frekansı Sistemleri 16
3.6.1. GNSS 16
3.6.2. RFID 18
3.6.3. Bluetooth 18
3.6.4. ZigBee 19
3.6.5. UWB 19
3.6.6. FM 19
3.6.7. WLAN 20

3.6.7.1. RADAR 21

4. KAPALI MEKÂNLARDA KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ 22

4.1. Bağlantı Tabanlı Yöntem 22
4.2. Üçgen Yöntemler (Triangulasyon) 22
4.2.1. Varış açısı yöntemi (AoA) 22
4.3. Zaman Tabanlı Yöntemler 23
4.3.1. Varış zamanı yöntemi (ToA) 23
4.3.2. Varış zamanı farkı yöntemi (TDoA) 23
4.3.3. Gidiş-dönüş süresi (RTT) 24
4.4. Kör Adım (Dead Reckoning) Yöntemi 25
4.5. Harita Eşleme (Map Matching) Yöntemi 25
4.6. Parmak İzi (Fingerprinting) Yöntemi 26

5. UYGULAMA ÇALIŞMALARI 27

5.1. Uygulamada Kullanılan Donanımlar 28
5.2. Wi-Fi Sinyal Yayılımı 30
5.3. Düşey (Yükseklik) Çözümü 31
5.4. QR Code 33
5.5. Parmakizi Veritabanı 35
5.6. Wi-Fi Locator Programı 36

6. Sonuçlar 39

7. KAYNAKLAR 41

ÖZGEÇMİŞ 1

KISALTMALAR LİSTESİ

AoA	:	Angle of Arrival
AP	:	Access Point
DC	:	Direct Current
FM	:	Frequency Modulation
GNSS	:	Global Navigation Satellite System
GPS	:	Global Positioning System
IPS	:	Indoor Positioning System
IR	:	Infrared
RF	:	Radio Frequency
RFID	:	Radio Frequency Identification
RSS	:	Received Signal Strength
RTT	:	Round Trip Time
SS	:	Signal Strength
SSID	:	Service Set Identifier
TdoA	:	Time Difference of Arrival
ToA	:	Time of Arrival
ToF	:	Time of Flight
UWB	:	Ultra Wide Band
Wi-Fi	:	Wireless Fidelity
WLAN:	:	Wireless Local Area Network

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Active Bat konum belirleme sistemi 7

Şekil 3.2 Radyo Frekansı ve Ultrasonik sinyallerinin geçirgenliği 8

Şekil 3.3 Beep konum belirleme sistemi yapısı 10

Şekil 3.4 Motionstar Wireless donanımı 11

Şekil 3.5 Easy Living IPS 12

Şekil 3.6 Aktif Rozet sinyal ünitesi (Active Badge) 14

Şekil 3.7 Firefly teknolojisi 15

Şekil 3.8 Optotrak sistemi 16

Şekil 3.9 GPS sinyalleri ile IPS uygulaması 17

Şekil 3.10 GNSS alıcısı ve yönelimli anten 17

Şekil 3.11 RFID Cevaplayıcıları(Sağda), RFID alıcı antenleri(Solda) 18

Şekil 4.1 AoA Tekniği 22

Şekil 4.2 ToA-ToF tabanlı konumlama 23

Şekil 4.3 TDoA Yöntemi 24

Şekil 4.4 Kör Adım yöntemi (Dead Reckoning) 25

Şekil 4.5 Harita Eşleme yöntemi (Bernstein, URL-1) 25

Şekil 4.6 Parmak izi yöntemi uygulama krokisi (Li ve ark., 2007) 26

Şekil 5.1 A Blok 3. kat planı ve erişim noktaları 27

Şekil 5.2 B Blok 3.kat planı ve erişim noktaları 28

Şekil 5.3 Bosch BMP182 barometre sensörü ve üzerinde bulunduğu devre 29

Şekil 5.4 Aruba erişim noktası ve bina içerisinde yerleşimi 29

Şekil 5.5 Tek router sinyal yayılımı 30

Şekil 5.6 Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi 31

Şekil 5.7 Mühendislik Fakültesi A blok barometrik değerler 32

Çizelge 5.1 Basınç değerlerine ait standart sapmaları ve ortalama farklar 32

Şekil 5.8 Farklı veri yoğunluğuna sahip QR Code örnekleri 33

Şekil 5.9 A Blok girişi yönlendirme işaret ve levhaları 34

Şekil 5.10 QR-IPS Arayüz görüntüsü 34

Şekil 5.11 Tıp Fakültesi binasına ait örnek QR-Code yerleşim şeması 35

Şekil 5.12 Fakülte içerisinde QR-Code yerleşimleri 35

Şekil 5.13 Referans noktaları dağılımı 36

Şekil 5.14 Wi-Fi Locator alpha sürümü ana ekranı 37

TABLO LİSTESİ

Çizelge 3.1 Cricket sistemi ile Bat, Badge ve RADAR'ın karşılaştırılması (Priyantha, 2005) 8

Çizelge 3.2 Yönelimli anten parametreleri 17

Çizelge 3.3 Bluetooth özellikleri 18

Çizelge 5.1 Basınç değerlerine ait standart sapmaları ve ortalama farklar 32

1. GİRİŞ

Kapalı mekân konum belirleme sistemleri (Indoor Positioning Systems, IPS) sadece iç mekânları konu alır. Bu mekânlar gerek bir hastane, okul gerekse bir işyeri ya da alışveriş merkezi olabilir. Bu sistemler üç boyutlu fiziki uzayda bir objenin veya bir kişinin sürekli olarak ve gerçek zamanlı veya isteme bağlı konumunu belirleyebilen sistemlerdir. Günümüzde en yaygın konum belirleme sistemlerinden GPS ve diğer küresel uydu navigasyon sistemleri açık alanlarda son derece hassas ve doğru sonuçlar vermektedirler fakat iç mekânlarda günümüz şartlarında kullanılamamaktadırlar.

Kapalı mekânlarda konum ve yön belirleme yöntemlerinin gelişmesi, bu konum hizmetlerine çok çeşitli alanlarda farklı uygulama imkânları doğurmuştur.

Bunlar;

- İnsan/personel takibi
- Navigasyon
- İş optimizasyonu
- Makine ve teçhizat yönetimi
- Stok kontrolü ve takibi vb. uygulamalardır.

Kapalı ortamlarda 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 gibidir. Bu ölçütler, bir kapalı mekân konum belirleme sisteminin iç mekânlarda ihtiyaçlara ne derecede karşılık verebildiğini gösterir. Bazı sistemler tek başlarına kullanılabilirken, bazı sistemler bir arada kullanılmaktadır.

Bu çalışmada amaçlanan, insanların bulundukları bir kapalı ortamda bir A noktasından, ulaşmak istedikleri bir B noktasına yönlendirebilecek teknoloji ve yöntemlerin araştırılması ve uygun yöntemlerin seçilerek bir sistem oluşturulmasıdır. Bu kapsamda Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası içerisinde mevcut kurulu olan Wi-Fi altyapısından yararlanılarak, “Fingerprinting” yani parmak izi

yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerin 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 sayısınına ne şekilde bağımlı olduğu test edilmiş ve bulgular sonuç bölümünde açıklanmıştır. Yapılan bu çalışmaların yanında yükteklik belirleme işlemlerine bir destek sistemi oluşturulması amacı ile dijital barometrik sensör kullanılmış ve bu sensörün doğruluğu ve stabil olarak çalışabilirliği test edilmiştir. Son olarak kullanıcı tarafında pasif konum belirleyebilme olanağı sağlayan QR lokasyon kodları geliştirilmiş ve bu sistemin genel anlamda çalışma alanı içerisinde nasıl kurulacağı ve nasıl çalışacağı açıklanmıştır.

2. KONUM BAZLI HİZMETLERİN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Bir kapalı mekân konum belirleme sistemini yalnızca sistemin konum doğruluğu veya hassasiyeti ile değerlendirmek doğru olmayabilir. Sistemin genel olarak ele alınması ve birçok parametrenin özellikle incelenmesi gerekir. Kurulacak sistem için ayrı ayrı üzerinde düşünülmesi gereken performans parametreleri ana başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

2.1. Doğruluk

Doğruluk bir IPS'nin en önemli gerekliliklerinden birisidir. Bu parametre ortalama konum hatası olarak da geçen, tahmin edilen konum ile gerçek konum arasındaki ortalama öklid mesafesi ile verilir. Daha yüksek doğruluk daha iyi bir sistem anlamına gelmekle birlikte bunun için genellikle sistemin diğer parametrelerinden ya da karakteristiğinden feragat edilmesi gerekebilmektedir. Bazı durumlarda sistemin diğer karakteristiklerini korumak için yüksek doğruluk yerine "yeterli" doğruluk tercih edilmesi daha uygun olabilir.

2.2. Tepki Süresi

Kapalı bir mekânda hareket halinde olan bir insan veya objenin konumunun ne kadar hızlı tahmin edilebildiğini belirtir. Bu süre, gerçek zamanlı konum bilgisi hizmeti sunan sistemlerde önemli bir ölçüttür. Konum belirleme işlemlerinde sinyal gecikmesi, veri eşleme, veri tabanı okuma-yazma gibi aşamaların en az gecikmede olması mobil kullanıcının bir o kadar hızlı konum belirleyebilmesi anlamına gelir. Tepki süresi kapalı mekân konum belirleme sisteminin hem yazılım hem de donanım kısmı ile yakından ilgilidir.

2.3. Kapsama Alanı

Bir konum belirleme sisteminin ne kadar efektif çalıştığı değerlendirilirken bu sistemin kurulması tasarlanan alan için ağ kapsama alanının belirlenmesi önemli bir problemdir. Kapsama alanı, doğruluk ile çok yakından ilişkili bir parametredir. Kapsama alanı; Lokal Kapsam, Ölçeklenebilir Kapsam ve Global Kapsam olarak

kategorize edilebilir. Lokal Kapsam, küçük ve belirli bir alan, değişmeyen objeler ve genişlemeyen sınırlar anlamına gelir. Tek bir oda veya bir bina lokal kapsama alanı için uygundur. Genellikle bu kapsama alanının ölçütü metre (m), metrekare (m^2) veya metreküp (m^3) gibi spesifik olarak belirtilir. Ölçeklenebilir kapsam, sistemin eklenebilir donanım sayesinde hizmet alanının genişleyebildiği kapsama alanlarıdır. Global kapsam ise dünya genelinde hizmet verebilen sistemlerdir ve GNSS bunlara bir örnektir.

2.4. Uyum Sağlayabilme

Çevresel etkilerin değişmesi, konum belirleme sisteminin performansını etkileyebilir. Kapalı mekân konum belirleme sisteminin bu etkilerle başa çıkabilmesine uyum sağlayabilme denir. Ortam koşullarına ve değişen çevresel şartlara adapte olabilen sistemler, bu özellikte olmayan sistemlerden daha iyi iç mekân konum doğruluğu sunarlar. Bu özellikte sistemler ortam değişikliklerine bağlı kalibrasyon gereksinimini ortadan kaldırabilen, daha stabil çalışan ve bakım masrafı düşük sistemlerdir. Uyum sağlayabilme özelliği sistemin yazılım boyutu ile yakından ilgilidir.

2.5. Ölçeklenebilirlik

Ölçeklenebilirlik bir kapalı mekân konum belirleme sisteminin aşırı yük altında konum isteklerine ne kadar iyi cevap verebilmesi ile ölçülür. IPS'nin daha büyük bir kapsama alanında veya daha çok kullanıcı sayısı altında istikrarlı bir şekilde çalışabilmesi arzu edilen bir özelliktir. Zayıf ölçeklenebilirliğe sahip bir IPS, sistem yetersizliği dolayısıyla genişleme istekleri, aynı donanımların tekrar kullanılması, tekrar mühendislik çalışmaları gerekliliğini doğurur. Genişleyebilir bir sistem herhangi bir gereklilik olmadan çok sayıda kullanıcı ve konum isteğinin üstesinden gelebilmelidir.

2.6. Maliyet

Bir konum belirleme sisteminin maliyeti birçok faktöre bağlı olabilir. Bu faktörlerden önemli birkaçı bütçe, zaman, mekân, büyüklük/ağırlık ve enerjidir. Zaman faktörü sistemin kurulması ve işletilmesi ile ilgilidir. Ağırlık veya büyüklük ise sistemin mobil kullanıcının üzerinde taşıyabileceği boyutlarda ve ağırlıkta çalışabilen cihaz ya da işaretlere sahip olması demektir. Bu cihazların küçültülmesi maliyeti artırır. Boyut ve

ağırlık ile enerji ilişkisi ise ters yönlüdür. Pasif enerji ile çalışan sistemlerin harici enerji gereksinimleri bulunmazken, aktif enerji ile çalışan sistemlerin yeteri kadar uzun zaman boyunca pil değişimi gerektirmeden çalışması gerekir.

2.7. Karmaşıklık

Karmaşıklık, kapalı mekân konum belirleme sisteminde, donanım, yazılım ve operasyon faktörleri olarak ayrılabilir. Donanım ele alındığında sistemin işletim zorluğu ve bakımı konum belirleme sisteminin çalışmasını negatif yönde etkiler. Bir kapalı mekân konum belirleme sisteminde, konum belirleme algoritmaları merkezi sistem tarafından hesaplanabilir. Böyle bir durumda, işlem gücü yüksek makineler kullanılacağından zaman ve enerji konusunda sorun yaşanmaz. Eğer sistem, mobil kullanıcı tarafında kompleks konum belirleme algoritmaları gerektiriyorsa, mobil cihazlar için bu işlem gücü daha düşük olduğundan sistemin cevap süresi uzar. Bu hesap ağırlığı, mobil cihazlarda kısıtlı olan batarya çalışma süresini de eksi yönde etkiler. Bu nedenlerle IPS tasarlanırken, işletim maliyetini ve sistemin genel performansını etkileyecek olan bu faktörler değerlendirilmelidir (Farid ve ark., 2013)

3. KAPALI MEKÂNLARDA KONUM BELİRLEME TEKNOLOJİLERİ

3.1. Ultrasonik Sistemler

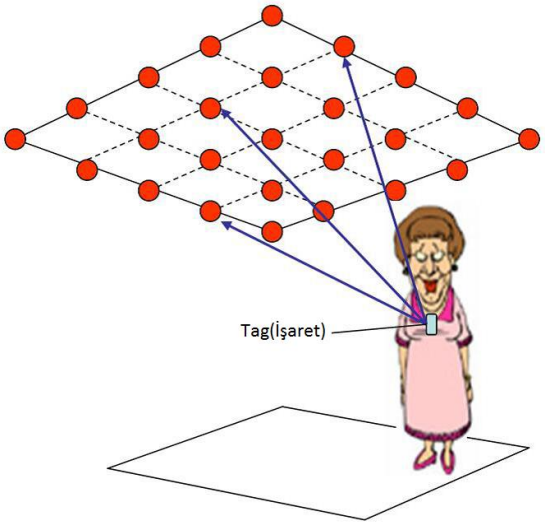
Ultrason veya yansılanım insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarına verilen isimdir. Ultrasonik sinyaller 2 ilâ 15 MHz frekans aralığında işitilemeyen seslerdir. Ultrasonik sinyaller yarasalar tarafından geceleri yol bulma amacıyla kullanılır. Aynı prensip insanlar tarafından geliştirilerek kapalı mekân konum belirleme amacı için kullanılmıştır. İleriki kısımlarda ultasonik ses teknolojisi kullanılarak kapalı alanlarda konum belirlemek için geliştirilmiş sistemler ve bu sistemlerin çalışma prensipleri açıklanmıştır (Gu ve ark., 2009).

3.1.1. Active bat

AT&T Cambridge araştırmacıları tarafından geliştirilen Active bat sistemi takip edilen işaret için 3 boyutlu konum ve yön bilgisi verir. Bu teknoloji bir kişinin üzerinde taşıdığı işaretin konumunu belirlemek için, ultrasonik teknoloji ve triangulasyon konum belirleme yöntemini kullanır. Bahsedilen işaret (Tag) belirli bir periyodda kısa atımlı ultrasonik dalga yayınlar. Bu ultrasonik dalga, tavana yerleştirilmiş olan ve konumları bilinen alıcılar matrisi tarafından Şekil 3.1'de görüldüğü gibi alınır. Verici işaret ile tavandaki alıcılar arasındaki mesafeler ultrasonik dalga kullanılarak ölçülebilir. Bütün alıcılar tavana monte edildiğinden işaretler daima bu matrisin altında kalırlar. Multilaterasyon prensiplerine dayanarak işaretin 3 boyutlu konumunu hesaplamak için bir verici ile 3 alıcı arasındaki mesafeler gereklidir. Bu Tag'lar insanlar tarafından taşıması kolay ve güvenilir 7.5 cm x 3.5 cm x 1.5cm boyutlarındadır. 3.6 V'luk tek bir Lityum pil ile çalışma ömrü yaklaşık 15 ay civarındadır. Bu nedenle kullanıcıların sık sık batarya değiştirmelerine gerek kalmamaktadır.

Active bat sisteminde 1000 m^2 lik alanı kapsamak için 720 tavan alıcısı monte edilmiştir. Bu alan içerisinde 75 Tag, ölçülerin 95%'lik kısmı için 3cm doğrulukla takip edilebilmektedir. Her merkezi kontrolcü aynı anda 3 Tag'ın konumunu saniyede 50 kez sıklıkta belirleyebilmektedir. Sistem her bir Tag için batarya voltajını kontrol etmektedir. Böylece batarya voltajındaki değişim konum belirleme doğruluğunu etkilememektedir. Ancak bu sistemin performansı Tag'lar ile alıcılar arasındaki engeller ve bunlara bağlı yansımalardan etkilenmektedir, bu da sistemin çalışma doğruluğunu

düşürmektedir. Ayrıca her odaya, oda tavanlarına fazla sayıda sensör yerleştirilmesi zorunluluğu zaman alıcı bir iştir dolayısıyla sistemin ölçeklenebilirliği de oldukça zayıftır. Aynı zamanda tavan sensörleri konumları hassas ve doğru bir şekilde yerleştirilmeleri gerektiğinden bu iş zahmetli ve maliyeti yüksektir (Gu ve ark., 2009).



Şekil 3.1 Active Bat konum belirleme sistemi

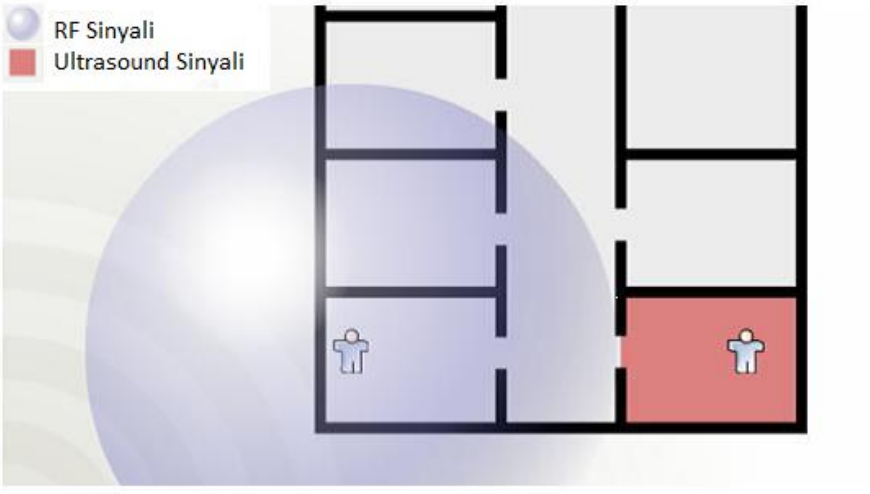
3.1.2. Cricket

Cricket, kullanıcı konum paylaşımı izni, verimli performansı ve düşük maliyeti hedefleyen bir konum belirleme sistemidir. Cricket sistemi hedefin konumunu belirlemek için sinyal varış süresi (ToA) ölçüm yöntemini ve triangulasyon konum belirleme tekniğini kullanır. Cricket sistemi tavan ya da duvarlarda konumları bilinen ultrasonik yayıcılar ile konumu belirlenecek her bir obje üzerine yerleştirilen alıcıdan oluşur. Bu yaklaşım, tüm konum triangulasyon hesaplamalarını lokal olarak konumu belirlenen obje üzerinde yaptığından, kullanıcı mahrumiyeti sağlar. Böylece konumu belirlenen obje, kendi konum bilgisini üzerinde tutar ve bu konum bilgisini nasıl ve nerede paylaşacağına karar verebilir. Yayınlayıcı cihazlar ayrıca ToA ölçümlerinin senkronizasyonunu sağlamak amacıyla bir radyo frekansı (RF) mesajı yayarlar ve kendi konumlarını merkezi olmayan şekilde iletirler. Dolayısıyla triangulasyon hesaplamaları için yeterli sayıda verici olmadığı durumlarda, alıcı, radyo link tarafından elde ettiği sinyal bilgisini kullanarak yakınlık tahmini yöntemi ile konum bilgisini elde eder (Priyantha, 2005).

Çizelge 3.1 Cricket sistemi ile Bat, Badge ve RADAR'ın karşılaştırılması (Priyantha, 2005)

Sistem	Active Bat	Aktif rozet	RADAR	Cricket
Kullanıcı Mahremiyeti	Yok	Yok	Mümkün (Yazılım İle)	Evet
Merkezi	Evet	Evet	Evet	Hayır
Heterojenlik	Evet	Evet	Hayır	Evet
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Yok	Düşük
Kurulum Kolaylığı	Zor	Zor	Zahmetli	Kolay

Active bat sisteminin aksine, Cricket sisteminde konumu belirlenecek obje üzerinde sinyal işlenip kendi konumunu kendisi belirlediğinden, tavan ya da duvarlarda çok daha az sayıda verici kullanılır. Bu sebeple sistem daha büyük yapılar için genişletilebilir yapıdadır. Ayrıca alıcılar oldukça ucuzdur (~10$), dolayısıyla bütün sistemin maliyeti düşüktür. Sistem 10 cm konum doğruluğu ve 3° doğruluğunda yön bilgisi verir. Buna rağmen sistemde konumu belirlenen alıcılar aynı anda hem RF sinyalleri ile ultrasonik sinyalleri algılar hem de konum tahmini hesaplamalarını yapar. Bu nedenle Cricket sistemindeki bir alıcı daha fazla güç tüketir. Kullanıcıların sık sık batarya değiştirmesinin önüne geçmek için verimli bir güç kaynağı tasarlanması gereklidir.



Şekil 3.2 Radyo Frekansı ve Ultrasonik sinyallerinin geçirgenliği

3.1.3. Sonitor

Sonitor Ultrasonik IPS, Sonitor Technologies firması tarafından geliştirilen kapalı mekân konum belirleme ve takip çözümüdür. Sonitor sistemi, oda seviyesinde doğruluk ile insanların ve cihazların konumunu belirleyebilir ve takip edebilir. Ultrasonik sinyaller oda seviyesinde konum takibi için elverişlidir. Radyo frekansı sinyalleri ile karşılaştırıldığında Şekil 3.2'de görüldüğü üzere, ultrasonik sinyaller duvarların ardına geçemezler bu nedenle ultrasonik sinyaller oda seviyesinde basit ve doğru sonuç verebilirler. Daha sonra detaylı olarak açıklanacak olan Aktif rozet sisteminin aksine, ultrasonik teknoloji takip edilecek obje ile detektörler arasında direkt görüş şartı gerektirmez, kızılötesi (IR) sistemlerde ise bu önemli bir önceliktir. Dolayısıyla Sonitor sistemi, gizlenmiş hedeflerin de takibini mümkün kılar. Örneğin çekmece veya dolap içerisindeki bir donanım Sonitor sistemi ile takip edilebilirken IR sistemlerde bu her zaman mümkün olmamaktadır.

Takip edilen Tag tarafından gönderilen sinyal, odalara yerleştirilen alıcılar vasıtası ile alınır ve kablolu ya da kablosuz ağ yardımı ile merkezi bilgisayara konum hesaplamaları için aktarılır. Enerjiyi efektif kullanmak için, Tag'lar içerisine yerleştirilen içsel haraket algılayıcıları sayesinde Sonitor Ultrasonik IPS, Tag'lar sadece konum değiştirdiğinde sinyal gönderecek yeni bir yöntem sunmuştur. Tasarlayıcılar tarafından bir uyku modu geliştirilmiş bu sayede enerji tüketimi minimum düzeye çekilmiştir dolayısıyla batarya ömrü 5 yıl ve 600 000 gönderim'e kadar uzamıştır. İşaretler (Tag), 57.7 mm x 32.9 mm x 19.5 mm boyutlarında ve 28 gram ağırlığında olup, kullanıcılar tarafından rahatça taşınabilmektedir. Sonitor sistemi mobil kullanıcının mutlak konumunu verememektedir. Ayrıca sistem her bir bağımsız bölüme bir alıcı yerleştirilmesine ihtiyaç duyar (Gu ve ark., 2009).

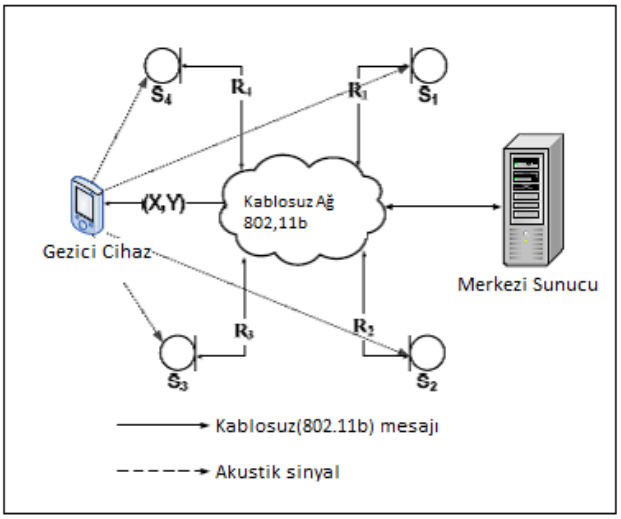
3.2. İşitilebilir Ses Sistemleri

İşitilebilir ses (Audible sound) konum belirlemede kullanılması mümkün olan bir teknolojidir. İşitilebilir ses insanlar için 20 Hz ile 20 KHz frekans aralığında olan ve ses dalgası frekans çizelgesinde akustik band olarak geçen bölgeye denir. Hemen her taşınabilir cihazda duyulabilir ses iletebilen donanım bulunur. Bu sayede mobil kullanıcının işaret (Tag) benzeri ekstra bir cihaz kullanmasına gerek olmadan bir kapalı mekânda konum belirleme sistemi geliştirilebilir.

3.2.1. Beep

Beep konum belirleme teknolojisi, 3 boyutlu bir IPS olup, işitilebilir ses kullanılarak ucuz konum belirleme yöntemi olarak tasarlanmıştır. Beep sisteminde sensörler yardımıyla ToA ölçüleri tabanlı standart 3 boyutlu multilaterasyon algoritması kullanılarak triangulasyon konum belirleme tekniği kullanılmıştır. Şekil 3.3'te Beep konum belirleme sisteminin yapısı görülmektedir. Birden çok sayıda akustik sensörler (S_i) bilinen noktalara yerleştirilmiş ve merkezi sunucuya ağ bağlantısı yoluyla bağlanmıştır. Bu sensörler mobil cihaz tarafından iletilen duyulabilir sesi algılar ve WLAN yardımı ile merkezi sunucuya gönderir. ToA yöntemi ve triangulasyon tekniği kullanılarak cihazın konum tahmini hesaplanır. Son olarak mobil cihaza konum bilgisi WLAN yoluyla iletilir.

Bu sistem 20 m x 9 m boyutlarında bir oda içerisinde test edilmiştir. Konum belirleme sistemi ölçülerin %90'lık bölümünde 0.4 m doğruluk vermiştir. Buna ek olarak ortamdaki ses gürültüsü ve diğer engeller bu sistemin konum doğruluğunu %6-10 civarında düşürmüştür. Bu sistemin bir avantajı, kullanıcıların otomatik olarak takip edilebilmesinin engellenmiş olmasıdır. Bu sistem yalnızca oda içerisi konum belirleme işlerinde uygun olup, işitilebilir sesin geçirgenliği düşük olduğundan bina seviyesinde çalışamazlar. Ayrıca konum belirleyici cihaz tarafından yayılan duyulabilir ses, insanların çalıştığı ortamlarda duymak istemeyeceği bir gürültü kaynağıdır (Mandal ve ark., 2005).



Şekil 3.3 Beep konum belirleme sistemi yapısı

3.3. Manyetik Sistemler

Manyetik konum belirleme sistemleri yüksek doğruluk sunan ve direkt görüş şartı gerektirmeden çalışabilen eski ve klasik bir teknolojidir. Kapsama alanı kısıtlı, doğruluğu yüksek olan genellikle insan hareketlerini algılamaya yönelik geliştirilmiştir.

3.3.1. Motionstar wireless

Motionstar Wireless teknolojisi, kısa atımlı DC manyetik alanları kullanarak, 3 metre içerisindeki sensörlerin anlık konum takibini gerçekleştirir. Takip edilen kişi üzerine yerleştirilen çok sayıda sensör yardımı ile beden hareketleri yüksek doğrulukta izlenir. Motionstar Wireless sistemi, animasyon, bimekanik ve sanal gerçeklik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Sistem şekil 3.4'te görülen, sinyal gönderici ve kontrolcü, merkez istasyon ve yerleşik sensörler ve RF sinyal göndericilerinden oluşmaktadır. Her bir sensör insan vücudunun çeşitli hareket bölgelerine yerleştirilir. Sistemin statik konum belirleme hassasiyeti 1 cm civarındadır ve saniyede 120 ölçü yapabilir. Bu sistem geniş iç mekânlarda kullanıma uygun değildir.



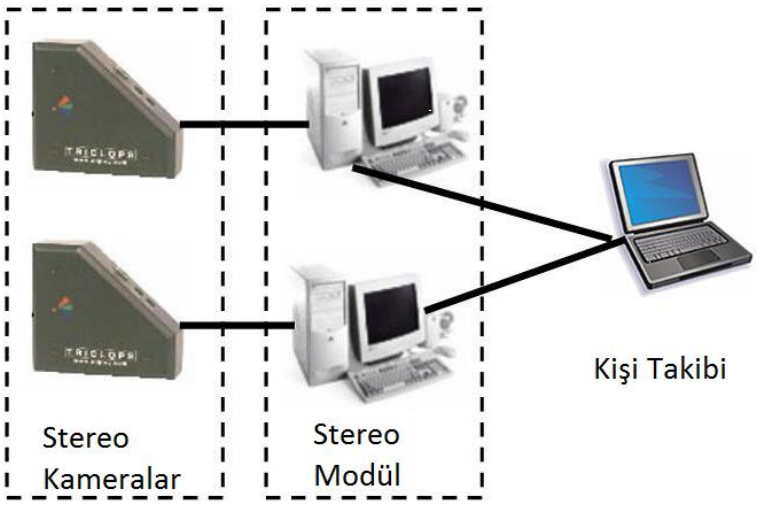
Şekil 3.4 Motionstar Wireless donanımı

3.4. Görüntü Tabanlı Sistemler

Görüntü tabanlı konum belirleme sistemerinde mobil kullanıcı üzerinde taşıması gereken herhangi bir cihaz gerektirmez. Görüntü tabanlı sistem basitçe ortamda bulunan kişiler hakkında bilgi edinebilir. Bu sistemin avantaj ve dezavantajları aşağıda, Microsoft firması tarafından araştırması yapılan Easy Living teknolojisi üzerinden açıklanmıştır.

3.4.1. Easy living

Easy living konum belirleme sistemi Microsoft araştırma grubu tarafından, görüntü tabanlı konum belirleme tekniklerine dayanarak geliştirilmiştir. Görüntü tabanlı konum belirleme teknikleri bir ya da birçok perspektiften elde edilen veri yardımı ile hedefin haraketlerini yakalayabilir. Easy Living sistemleri belirlenen tüm alanı kapsayan çoklu perspektif konum belirleme teknolojisini kullanan iki kamera kullanır. Bu iki kameradan elde edilen renk ve derinlik bilgilerini birleştirerek hedef konumunu belirler. Şekil 3.5'te Easy Living sistemi donanım şeması gösterilmiştir (Shafer ve ark., 1998).



Şekil 3.5 Easy Living IPS

Bu sistemde iki stereo kamera tavana yerleştirilmiş ve odanın her bir bölümünü görmektedirler. Konum belirleme işleminde kullanılmak üzere bu iki kamera gerçek zamanlı ve 3 boyutlu olarak kapsadıkları alanda ham görüntü verisinden sorumludur.

Arkaplanın etkisini en aza indirmek için arkaplan modellemesinde renkli pikseller ve derinlik kullanılır. Masaüstü bilgisayarlar bahsedilen ham görüntüleri işlemek üzere teslim alırlar. Easy Living sistemi bir "Kişi Tanımlama Bölgesi" oluşturur. Bu bölge genellikle odanın girişine yakın bir bölgedir. Böylece odaya giren yeni kişinin bu bölgede sisteme takip girişi yapılarak kayıt açılır. Bu tanımlamadan itibaren kişinin hareketleri sistem tarafından kaydedilir. Easy Living teknolojisi yeterince güvenilir olmasına rağmen bazı dezavantajları vardır. Bu teknoloji stereo görüntüleri işlemek için yoğun bir görüntü işlem gücü gerektirir. Ayrıca dinamik değişen ortam, görüntü verisine direkt etki ettiğinden sistemin doğruluğu garanti edilemez. Easy Living ve diğer görüntü tabanlı konum belirleme teknolojilerinin genel dezavantajı ise kullanıcı mahremiyetinin gözardı edilmesidir. Bir odada aynı anda birden çok kişinin konum tahmin işlemi görüntü tabanlı sistemler için yine zor bir işlemdir.

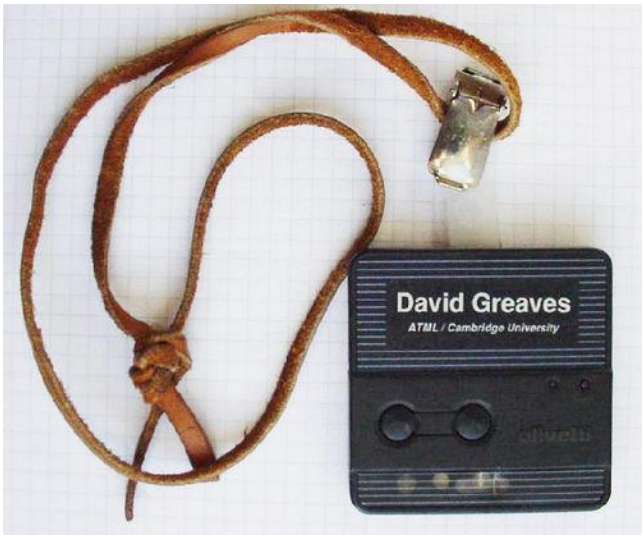
3.5. Kızılötesi Sistemler

Kızılötesi hayatın birçok kesiminde kendisine geniş kullanım alanları bulmuş bir teknolojidir. Kızılötesi (IR) sinyalleri, ışık dalgaboyu spektrumunda 700 nm ile 1 mm arasında dalga boyuna sahip, insan gözü tarafından algılanamayan bir elektromanyetik dalga türüdür. IR günlük yaşamda ve endüstriyel alanda birçok cihaz tarafından kullanılmaktadır. En basit örneği uzaktan kumanda sistemleri IR ile çalışırlar. İnsanların yaşamını etkilemeyen ve günlük haraketlerimize herhangi bir müdahalede bulunmayan bu teknoloji, kapalı mekânlarda konum belirleme amacı için de geliştirilmiş ve sonuçta çok başarılı sistemler ortaya çıkmıştır.

3.5.1. Aktif Rozet

Aktif rozet sisteminde, her 15 saniyede bir, saniyenin 10'da 1'i uzunluğunda eşsiz kızılötesi sinyal yayınlayan yaka kartları (Active Badge/Aktif Rozet) tasarlanmıştır. Bu periyodik sinyaller bina içerisine yerleştirilen sensörler ağı tarafından algılanır. Ardından bir master istasyonda rozet görüşleri derlenir, veriler işlenir ve kullanıcılar için görsel bir formda sunulur. Aktif Rozet 55 mm x 55 mm x 7 mm boyutlarında ve 40 gram ağırlığındadır. Rozet ile sensör arasında sinyal haberleşmesi için atım-genişlikli (pulse-width) modüle edilmiş kızılötesi (IR) sinyaller kullanılmıştır. Bunun bir sebebi ultrasonik vericilerin aksine IR katı-hâl sensörleri ve vericileri çok küçük boyutlarda ve oldukça ucuz üretilebilmektedirler. IR sinyaller 6 metre mesafeye kadar çalışabilirler.

Bunun yanında sinyaller duvar ve engellerden yansıyabilir. Radyo sinyallerinin aksine duvarları vb. engelleri aşamazlar. IR teknolojisi ticari olarak çok geniş alanlarda mevcut olduğundan, Aktif rozet gibi yeni uygulamaları geliştirmek hem çok ucuz hem de donanım hazır durumdadır. Şekil 3.6'da bir Aktif Rozet örneği görülmektedir.(Want ve ark., 1992)



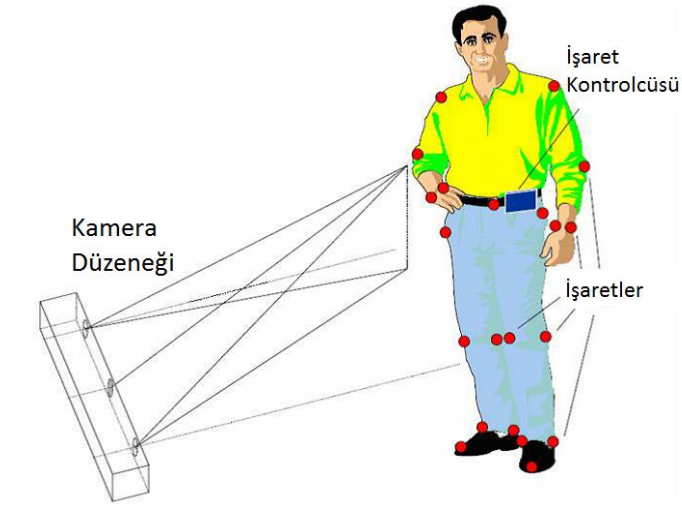
Şekil 3.6 Aktif Rozet sinyal ünitesi (Active Badge)

Bir aktif sinyal ünitesi, enerjisini dışarıdan kazanan pasif bir üniteden daha fazla güç tüketir. Bu nedenle sinyal gönderim oranı önemli bir tasarım meselesidir. 15 saniyede bir iletim oranı ile, yaka kartı büyüklüğünde batarya ile sistem yaklaşık 1 yıl kadar çalışabilmektedir. Kapalı mekân konum belirleme sistemleri için aynı anda ve yerde birden çok kullanıcının konumunun belirlenebilmesi bir gerekliliktir. Bu sistemde kullanılan sinyaller saniyenin 10'da 1'i kadar bir uzunluğa sahip olduğundan, aynı oda içerisinde iki rozetten yayılan sinyallerin yaklaşık 2 / 150 oranında üst üste binme ihtimali vardır. Bu ihtimali düşürmek için verici osilatörü bilerek düşük-tolerans oranına sahip parçalardan seçilmiştir. Aktif rozet aynı zamanda az ışıklı ortamlarda enerji tasarrufu sağlamak için sinyal iletim periyodunu artırarak ya da karanlık ortamlarda sensörü kapatarak, kullanım ömrünü uzatır. Aktif rozet görülebilir bir yerde kullanılmalıdır. Giysilerin altında ya da bir takım engellerin arkasında kızılötesi sinyal engellerden yansıyıp sensörlere ulaşamayacağı için sistem çalışamaz.

3.5.2. Firefly

Firefly Cybernet System Şirketi tarafından geliştirilen, IR tabanlı haraket algılama sistemidir. IR kullanarak çok yüksek doğruluk sunar. Obje üzerine yerleştirilen

kızılötesi ışını yansıtan küçük işaretler yardımı ile objenin kompleks haraketlerini algılar.



Şekil 3.7 Firefly teknolojisi

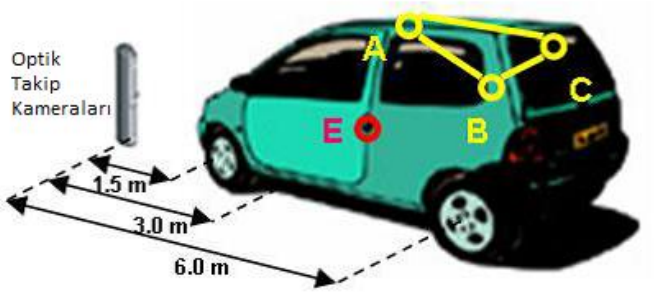
Konum bilgisi sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılabilir. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi Firefly sistemi, işaretler (Tag) işaret kontrolcüsü (Tag Controller) ve kamera dizisinden (Camera Array) oluşur. Firefly sistemi 3 mm civarında yüksek doğruluk sunar. Haraket algılaması yüksek hassasiyette 3 ms gecikmeli gerçek zamanlı ve saniyede 30 kez tarama sıklığı ile belirlenebilir. 32 işaretten oluşan bir Firefly sisteminin maliyeti $27500'dır. Kullanılan işaretler hafif ve küçük olsa da günlük hayatta kullanılması kullanışlı değildir çünkü bu işaretler kablolar ile bağlantılıdır. Sistem yalnızca normal ışıklandırılmış ortamlarda çalışabilir ve kapsama alanı 7 metre civarındadır. Görüş açısı 40° x 40° 'dir. Bu nedenle bu sistemin geniş alanlarda büyük hacimli uygulamalarda kullanılması uygun değildir (Gu ve ark., 2009).

3.5.3. Optotrak

OPTOTRAK Pro serisi Northern Digital firması tarafından işyerleri ve alışveriş merkezleri için tasarlanmış bir optik konumlama sistemidir. OPTOTRAK, objelerin 3 boyutlu haraketini izlemek için lineer sıralı 3 kamera kullanır ve sistem 20 m^3'lük hacimde ölçüm yapabilir. Takip edilen cisim ile alıcılar arasındaki maksimum mesafe 6 metredir. Obje üzerine yerleştirilen IR alıcıları kameralar tarafından algılanarak konum

tahmini yapılır. IR alıcıların konumları hesaplanırken triangulasyon konum belirleme tekniği kullanılır.

OPTOTRAK sistemi dinamik referanslama yönteminin avantajlarını kullanır. Şekil 3.8'de dinamik referanslama görülmektedir. Araç üzerine yerleştirilen A,B ve C noktalarındaki alıcılar, statik rölatif konuma sahip bir dinamik referans oluştururlar. Kapı üzerine yerleştirilen E noktasının rölatif yer değişirmesi, önceden oluşturulmuş dinamik referansa göre belirlenebilir. Bu sayede araç düşük hızda haraket halindeyken dahi kapı haraketi algılanabilir.



Şekil 3.8 Optotrak sistemi

Sistem %95 ihtimalle 0.1 mm ile 0.5 mm arasında yüksek doğruluk sunar. Kullanılan IR alıcıları 16 mm çapında ve 6 gram ağırlığındadır. OPTOTRAK sistemi çok sınırlı bir bölgeyi kapsar. Diğer bir dezavantajı IR sistem kameralar ile alıcılar arasında direkt görüş şartı gerektirmektedir (URL-2).

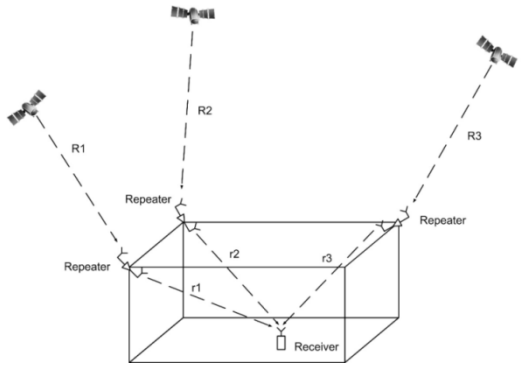
3.6. Radyo Frekansı Sistemleri

Radyo frekansı bir bilgi sinyali ile modüle edilmiş olan taşıyıcı sinyal anlamına gelir. Bu sinyal 3kHz ile 300GHz arasında bulunabilir. Bu sinyal çeşitli teknolojiler ile kullanılarak konum elde edilebilmektedir. Sonraki bölümlerde bu çalışmalar incelenmiştir.

3.6.1. GNSS

Küresel Konum Belirleme Sistemleri (GNSS) dış mekânlarda çok başarılı sonuçlar verse de, iç mekânlarda aynı performansı sergileyememektedirler. Kapalı

mekânlarda, uydulardan gelen sinyallerin güçleri duvarlar, çatı ve birtakım engeller sebebiyle düşer ve GNSS alıcıları, bu düşük güçteki sinyalleri çözümleyemezler. Kapalı mekânlarda konum belirlemeleri için GNSS sinyallerinin güçlendirilmesi ve iç mekana yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için özel GNSS antenleri tasarlanmalıdır. Kapalı mekânlarda GNSS sinyalleri kullanılarak konum belirleme sistemi Şekil 3.9'de gösterilmiştir (Özsoy, 2009).

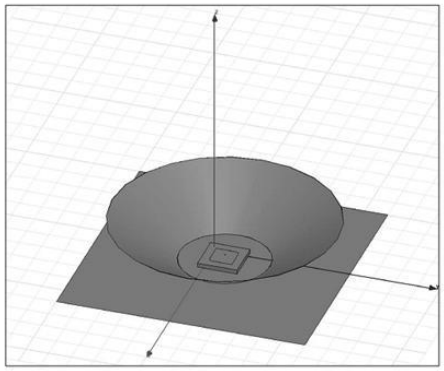


Şekil 3.9 GPS sinyalleri ile IPS uygulaması

Uydulardan gelen GNSS sinyallerinin güçlendirilmesi işlemi sinyal yükselticiler kullanılarak oluşturulan tekrarlayıcı (repeater) parçalar yardımı ile gerçekleştirilir. İki farklı tekrarlayıcı tarafından aynı uyduya ait sinyal, iç mekâna iletilmemelidir. Bunu gerçekleştirmek için yönelimli anten kullanılır. Şekil 3.10'da görülen konik şekilli GNSS anteni yerleştirildiği konumdan yalnızca belirli uydu sinyalini iç mekâna yönlendirir. Bu antenin parametreleri Çizelge 3.2'de görülmektedir (Özsoy, 2009).

Çizelge 3.2 Yönelimli anten parametreleri

Taban Koni Çapı	4 cm
Koni Yüksekliği	4 cm
Koni ile Taban Arasındaki Açı	30 Derece

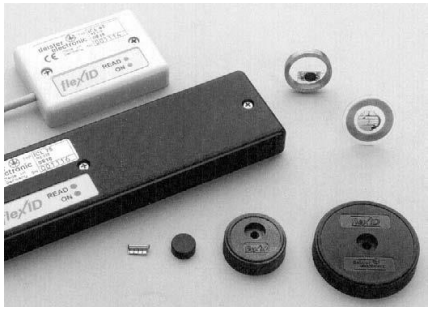


Şekil 3.10 GNSS alıcısı ve yönelimli anten

İç mekânlarda GNSS sinyalleri kullanarak konum belirleme işleminde kullanıcıların ayrıca bir konum belirleyici cihaz almalarına gerek yoktur. GNSS sinyallerini alabilen sıradan cihazlar bu sistemde kullanılabilir. Ancak büyük ve karmaşık yapılar içerisinde birçok noktaya yönelimli anten ve sinyal artırıcı parça kurulumu gerektirdiğinden sistemin maliyeti artar. Kompleks yapılar içerisinde, yükselticiler tarafından iç mekâna yönlendirilen sinyaller tekrar tekrar duvarlardan ve engellerden yansıyacağından bu tür ortamlarda sıradan cihazlar kullanılamaz durumdadırlar. Çeşitli filtreleme algoritmaları geliştirilmesi sistemin karışıklığını artırdığı gibi, kullanıcı cihazına da ekstra bir işlem yükü getirir.

3.6.2. RFID

Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) sistemi, objeler ya da insanlar üzerine yerleştirilen işaretler (Tag) kullanılarak radyo sinyallerini kullanan gelişmiş otomatik tanımlama teknolojisini kullanır. Birkaç metre menzilden, radyo etkinleştirilmiş cihazlar ağı tarafından obje konumu takip edilir. RFID teknolojisi insanlar, otomotiv montaj endüstrisi, depo yönetimi, tedarik zinciri ağları gibi geniş uygulama alanlarında, alıcı-verici arasında direkt görüş şartı gerektirmeden kullanılabilir durumdadır.



Şekil 3.11 RFID Cevaplayıcıları(Sağda), RFID alıcı antenleri(Solda)

3.6.3. Bluetooth

Bluetooth teknolojisi Ericsson firması tarafından 1994 yılında geliştirilmiş ve asıl olarak RS-232 kablolu bağlantıya bir alternatif olması amacı ile ortaya çıkmıştır (URL-3). Konum tahmini, bluetooth sunucuları tarafından, sisteme bağlı kullanıcı cihazından alınan sinyal gücü (SS) ölçümleri ile 2 m doğrulukta ve 20-30 sn içerisinde yapılır. Yaklaşık 100 metreye kadar menzili vardır (Engelsiz görüş sağlandığında).

Çizelge 3.3 Bluetooth özellikleri

Sınıf	İzin verilen en çok güç		Menzil
	(mW)	(dBm)	(m)
1	100	20	100
2	2.5	4	10
3	1	0	1

Versiyon	Veri Hızı
1.2	1 Mbit/s
2.0 + EDR	3 Mbit/s
3.0 + HS	24 Mbit/s
4	24 Mbit/s

3.6.4. ZigBee

ZigBee düşük maliyetli, düşük güçlü kablousz mesh ağ standardıdır. Düşük maliyetli teknoloji, yaygın kablosuz kontrolünü ve izleme uygulamalarında dağıtılmasına olanak sağlar. Düşük güç kullanımı daha küçük pil ile daha uzun ömür sağlar. Mesh ağ, yüksek güvenilirlik ve daha kapsamlı olmayı sağlar. ZigBee çip üreticileri genellikle 60 KB ile 256 KB arasındaki boyutlarda flash belleğe sahip entegre devreler ve mikrodenetleyiciler satmaktadırlar. ZigBee(ISM) endüstriyel, bilimsel ve tıbbi radyo bantlarında çalışır; Avrupa'da 868 Mhz, ABD ve Avustralya 915 Mhz ve dünya çapında 2.4 GHz. Veri İletim hızı 20 ile 900 kilobit/saniye arasında değişir. ZigBee, ağ katmanı doğal olarak yıldız ve ağaç tipik ağları ve genel mesh ağları destekler (URL-5).

ZigBee kitleri kullanılarak RSS, AoA, ToA gibi belirteçleri yardımı ile kapalı mekân konum tahmini yapmak mümkündür. Bu teknoloji ile genellikle uygulaması kolay olan parmakizi (fingerprinting) yöntemi kullanılır.

3.6.5. UWB

Kısa-mesafe yüksek-band genişliği haberleşme yöntemi olan Çok Geniş Band (**U**ltra **W**ide **B**and) radyo teknolojisi multipath etkisine karşı çok yüksek direnç gösterir. 20-30cm'den daha yüksek doğruluk gerektiren birçok UWB konum belirleme uygulaması geleneksel kablosuz teknolojileri (RFID, WLAN vb.) ile de gerçekleştirilebilmektedir. Tipik bir UWB kurulumu bir radyo dalgası üreteci ile etrafa yayılan ve saçılan dalgaları yakalayan bir alıcıdan oluşur. UWB donanımı çok pahalı olduğundan sistem geniş kullanım alanları bulamamıştır (Farid ve ark., 2013).

3.6.6. FM

Frekans Modülasyonu (FM) yayını 1933 yılında ABD'li mühendis Edwin Howard Armstrong tarafından geliştirilmiştir. Modülasyon yüksek frekanslı bir sinyalin

kimi özelliklerinin iletilmek istenen bilgi sinyaline bağlı olarak değiştirilmesidir. Yüksek frekanslı sinyale taşıyıcı denilir. Bu sinyal sinüs veya darbe sinyalidir (URL-4). Taşıyıcının türü ve taşıyıcının değişen özelliklerine bağlı olarak modülasyonun pek çok türü vardır. FM teknolojisinde sinyalin frekansı zamana bağlı modüle edilerek istenilen bilgi taşınır.

FM sinyalleri ile konum belirleme, parmakizi yöntemini kullanır. Mevcut lireratür içeriği FM sinyallerinin açık alanlarda konum belirleme amacıyla incelendiğini göstermektedir (Popletev ve ark., 2012). Sonuçlarda ortaya çıkan düşük doğruluk, kapalı mekânlarda FM sinyali ile konum belirleme araştırmalarının önünü kapatmıştır. Ancak kapalı mekânlar sinyal yayılımı açısından açık alanlar ile karşılaştırılamayacak kadar farklı karakteristik yapıya sahiptirler. FM sinyalleri kapalı mekânlarda kullanılan diğer iletişim sinyallerinden (Wi-Fi 2.4 GHz, GSM 0.9 GHz) çok daha düşük frekansta (100MHz) çalışır. Bu sebeple FM sinyallerinin kapalı mekânlarda yayılımı diğer sinyallerden farklıdır. Sinyal dalga boyu 3 metre civarında olduğundan ortam içerisindeki engellerden (insanlar, techizatlar vb.) Wi-Fi sinyallerine göre çok daha az etkilenirler. Sinyal geçirgenliği sinyalin çalışma frekansı ile doğrudan ilgili olduğundan, FM sinyalleri duvarları çok daha kolay aşarlar. Bu özellik FM sinyallerinin geniş mekânlarda kullanılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca günümüzde FM alıcılarının mobil cihazların büyük kısmında hazırda bulunması sayesinde kullanıcıların harici bir donanım edinmesine gerek kalmamaktadır (Chen ve ark., 2012).

3.6.7. WLAN

Bir bilgisayar iletişim ağı olarak 1970 yılında Hawaii Üniversitesinde Profesör Norman Abramson tarafından icat edilmiştir. Kablosuz ağ teknolojisi (WLAN) birden çok cihazı birbirine bağlayabilen bir teknolojidir. WLAN teknolojisinin bazı avantajları;

- Hızlı ve basit kurulabilirlik
- Düşük maliyet
- Mobilite
- Ölçeklenebilirlik
- Çoklu kullanım
- Kablosuz bağlantı
- Kurulumda esneklik vb. gibidir.

Günümüzde hemen her yapı içerisinde Wi-fi (Wireless Fidelity) destekli kablosuz ağ bağlantı elemanları bulunmaktadır. İşletmelerde, eğitim sektöründe, sağlık kurumlarında, fabrikalarda, ofislerde vb. sayısız kapalı mekânda hazırda bulunan ve kullanılan Wi-Fi donanımları mevcuttur. Ayrıca Wi-fi teknolojisi tabletler, akıllı telefonlar, müzik çalarlar ve hatta artık akıllı saatler de dahil insanların günlük yanlarında taşıdığı her cihaz üzerinde bulunmaktadır.

WiFi sinyal yayılımının yüksek konumsal farklılık gösteren bir tabiata sahip olmasından dolayı bu teknoloji konum belirleme için çok elverişlidir. Sinyal gücü (SS) ölçümü, yakınlık yöntemi, parmak izi yöntemi, varış zamanı gibi birçok konum belirleme yöntemiyle uygulanabilir. Wifi teknolojisi ile birlikte birçok yöntem kullanılarak kapalı mekân konum belirleme sistemi geliştirilmiştir. Bu uygulama yöntemlerinden birisi Hitit Üniversitesi yerleşkesinde öğrenciler, personel ve misafirlere ilgili etkinlik duyuru haber vb. bilgilerin iletilmesi amacı ile kullanılmıştır. Erişim noktalarına bağlanan kullanıcıların hangi erişim noktasına bağlı oldukları bilgisi ile, bu erişim noktaların konumları kullanılarak kablosuz bir kampüs konum belirleme sistemi oluşturulmuştur (Alkan ve Coşar, 2014).

3.6.7.1. RADAR

RADAR (Radio detecting and ranging) konum belirleme sistemi Microsoft araştırma grubu tarafından geliştirilmiş, mevcut WLAN teknolojisini kullanan kapalı mekân konum belirleme sistemidir. RADAR sistemi sinyal gücü ve sinyal-gürültü oranı ile birlikte triangulasyon konum belirleme tekniğini kullanır. Sistem 2 boyutlu kesin konum bilgisi sunar. RADAR sisteminde kullanıcı için konum mahremiyeti kolaylıkla sağlanabilir. Konum takibi yapılması istenmeyen cihazlar erişime kapatılabilir. Sistem 50% ihtimalle 4 m, 2 boyutlu iç mekân doğruluğu sunmaktadır (Gu ve ark, 2009). RADAR sisteminin avantajları, mevcut WLAN altyapısını kullanması ve ekstra konum belirleme cihazı gerektirmemesidir. Sistem RSS konum belirleme tekniği sınırları içerisinde çalışır.

4. KAPALI MEKÂNLARDA KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Konum belirleme teknolojilerinin, objelerin veya insanların konum ve yön tahminini yaparken kullandıkları birtakım matematiksel kestirme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları GNSS sistemlerinde kullanılan veya GNSS sistemleri için tasarlanan INS (Inertial Navigation System) gibi benzer uygulamaları içerir.

4.1. Bağlantı Tabanlı Yöntem

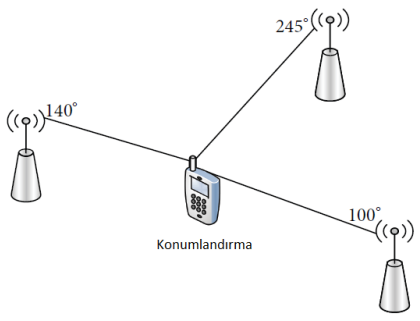
Bu yöntem ile mobil kullanıcının konumu, bağlı olduğu şebeke üzerinde kendisine en yakın verici anten konum bilgisi ve kapsama alanı bilgisi sayesinde sembolik olarak bulunabilir. Uygulanabilirliği en basit yöntemlerden birisidir ve çoğunlukla GSM gibi kablosuz teknolojiler ile kullanılır.

4.2. Üçgen Yöntemler (Triangulasyon)

Üçgen yöntemler, üçgenlerin geometrik özelliklerinden yararlanılarak konum bilgisi elde edilen matematiksel uygulamalardır.

4.2.1. Varış açısı yöntemi (AoA)

Bu yöntem, belirli bir noktadan bir ya da daha fazla alıcıya ulaşan sinyallerin, alıcı antenleri ile yaptığı açıyı ölçer. Doğruluğu artırmak için nokta kestirmesinde 3 ya da daha fazla alıcı kullanılır. Yön belirlemek için yön duyarlılığı yüksek olan anten veya antenler gerekir. Daha sonra geometrik özelliklerden faydalanarak kesişen 2-3 çizginin düğüm noktasının konumu kestirilebilir.



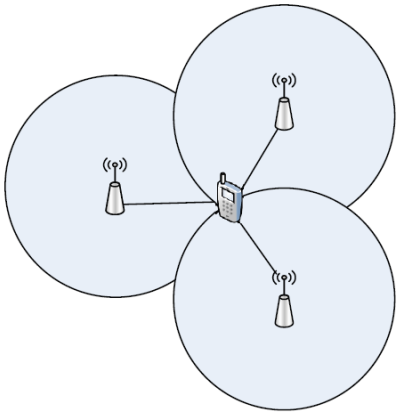
Şekil 4.1 AoA Tekniği

4.3. Zaman Tabanlı Yöntemler

Laterasyon/ Trilaterasyon/ Multilaterasyon terimleri uzunluklar yardımıyla konum belirlemeleri anlamına gelir. Uzunluklar ise bir mobil cihazdan birkaç referans noktasına iletilen sinyalin varış zamanının tespiti ile hesaplanır.

4.3.1. Varış zamanı yöntemi (ToA)

Varış Zamanı ya da Uçuş Süresi (ToF) yöntemi, bir mobil cihazdan bir ya da birkaç sinyal alıcıya ulaşan sinyalin varış süresinin/sürelerinin yüksek doğrulukta senkronize edilmesi temeline dayanır. Mobil cihaz, üzerine zaman bilgisi işlenmiş sinyali alıcılara gönderir. Sinyal alındığında aradaki mesafe, sinyal transfer gecikmesi ve ilgili sinyalin hız değeri ile hesaplanır. ToA yönteminde sinyalin transfer başlangıcı anı hakkında yüksek doğrulukta zaman bilgisine ihtiyaç duyulur (Farid, 2013). Bu nedenle mobil cihaz ile birlikte tüm sinyal alıcılarının hassas bir zaman kaynağı tarafından yüksek doğrulukta senkronize olması gerekir. İç mekânlarda kullanılan en hassas yöntem olan ToA yöntemi, multipath etkilerini de elimine eder. Bu yöntemin bir dezavantajı, sistemdeki tüm cihazlar için hassas zaman senkronizasyonu gerekliliğidir. Zaman gecikmeleri ölçümleri için bir sunucu gerekmektedir. Bu ise maliyeti artırır.

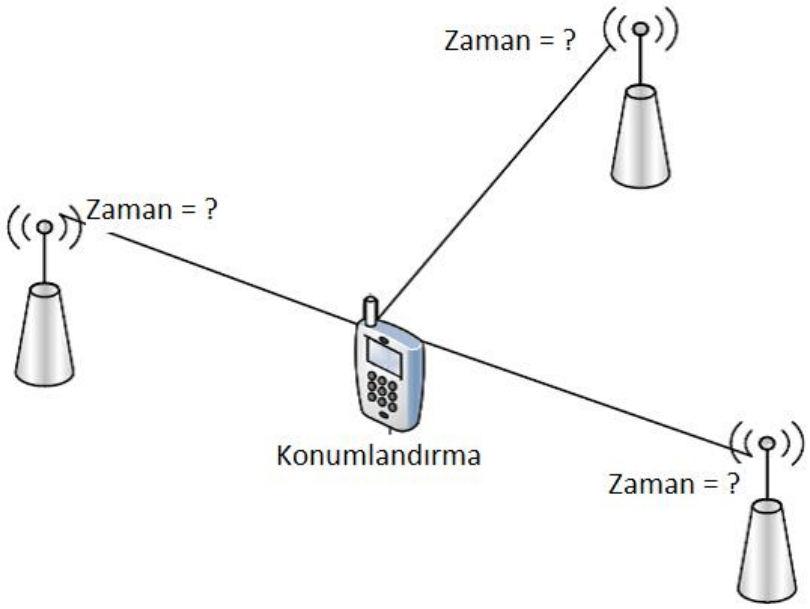


Şekil 4.2 ToA-ToF tabanlı konumlama

4.3.2. Varış zamanı farkı yöntemi (TDoA)

Varış Zaman Farkları yöntemi (TDoA), konumu bilinen birden çok alıcı noktada gelen sinyalin varış süresi ölçülür. TDoA yöntemi zaman bilgisi işlenmiş sinyali

çözmek ve konum hesaplaması yapmak için senkronize olmuş transfer zaman bilgisine ihtiyaç duymaz. Bu yöntemde sinyal başlangıç anı belirsizdir. Birden çok alıcı tarafından gelen sinyalin varış zamanları hassas bir şekilde ölçülür. Burada sadece alıcılar zaman senkronizasyonu gerektirmektedir. Her alınan sinyal zamanı farkı ölçüsü, mobil kullanıcının da konumunun saklı olduğu, konum uzayında bir hiperbolik eğri çizer. Birçok hiperbolik eğrinin kesiştiği noktalar ise mobil kullanıcının muhtemel konumunu belirtir. TDoA kullanarak konum belirleme aynı zamanda multilaterasyon olarak geçer (Farid ve Ark., 2013).



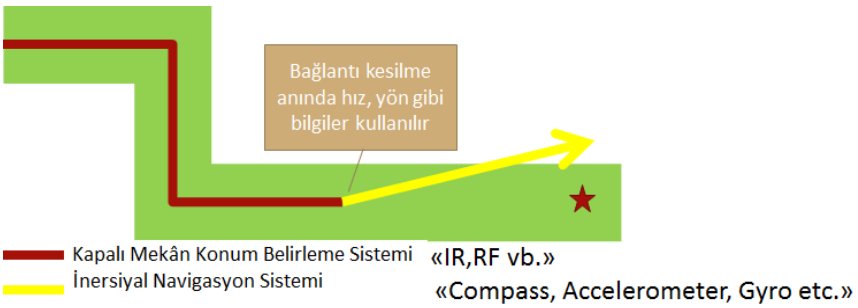
Şekil 4.3 TDoA Yöntemi

4.3.3. Gidiş-dönüş süresi (RTT)

RTT yöntemi, sinyalin vericiden çıkıp ölçüm ünitesine ulaşması ve geri dönmesi için geçen uçuş zamanını ölçer. ToA yönteminde gecikmeyi iki lokal saat ile ölçerken, RTT yönteminde sinyal çıkış ve dönüş zamanlar yalnızca bir noktada ölçülür. Bu avantajından dolayı sistem senkronizasyon problemini bir nebze çözmüştür. Bu yöntemin bir dezavantajı, hareket halindeki birden çok cihaza ardışık konum belirlemelerinde ortaya çıkan gecikmelerdir.

4.4. Kör Adım (Dead Reckoning) Yöntemi

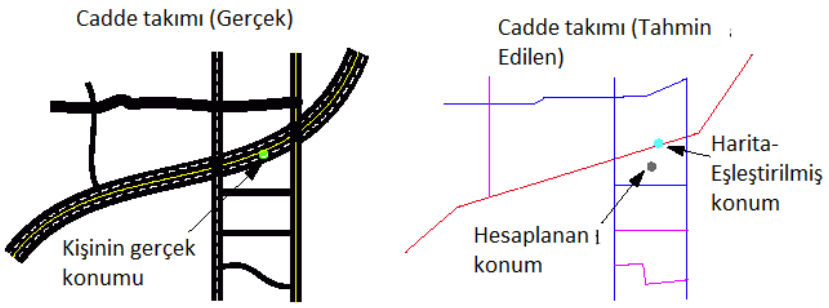
Bu yöntem, en son konuma göre, bilinen ya da kestirilen hız bilgileri ile son noktanın konumunun kestirilmesi işlemidir. Kör adım yöntemi, çok yüksek doğrulukta yön bilgisi sunan içsel navigasyon sistemi kullanır. Bu yöntemin dezavantajı, işlemlerdeki hataların birikmesidir. Dolayısı ile konumdaki sapma zamana bağlı olarak artar. Bunun sebebi yeni noktaların tamamen eski noktalardan faydalanılarak hesaplanmasıdır.



Şekil 4.4 Kör Adım yöntemi (Dead Reckoning)

4.5. Harita Eşleme (Map Matching) Yöntemi

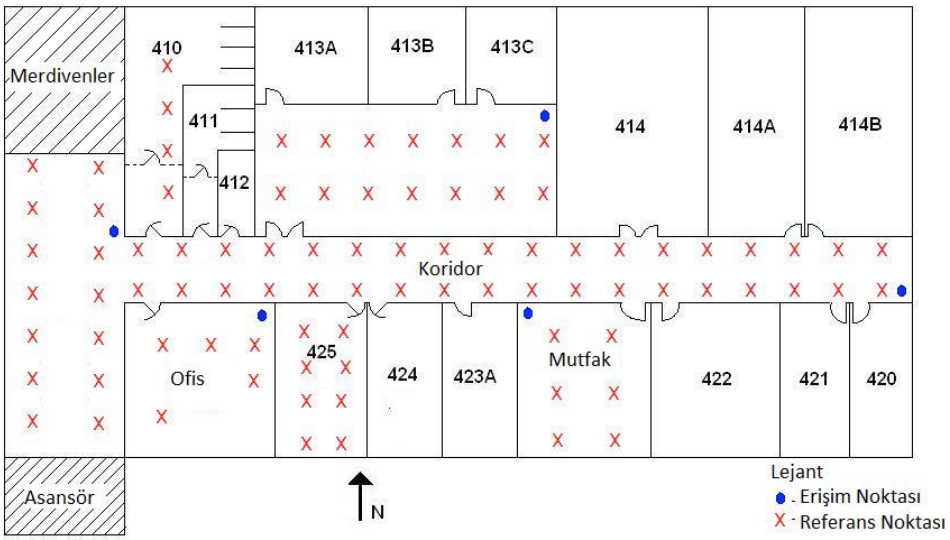
Bu yöntem şablon tanıma teorisine dayanır. Bir elektronik harita ve konum bilgisinin birleştirilmesi ile bir yol ağındaki aracın veya objenin gerçek koordinatları kestirilir. Haritaların kullanılması harici donanım gereksinimine etkili bir alternatiftir.



Şekil 4.5 Harita Eşleme yöntemi (Bernstein, URL-1)

4.6. Parmak İzi (Fingerprinting) Yöntemi

Sık kullanılan ve oldukça efektif olan parmak izi yöntemi iki aşamadan oluşur. İlk olarak eğitim aşaması, konum belirleme uygulaması yapılacak yapı içerisinde, sanal bir referans noktalar grid'i oluşturulur.

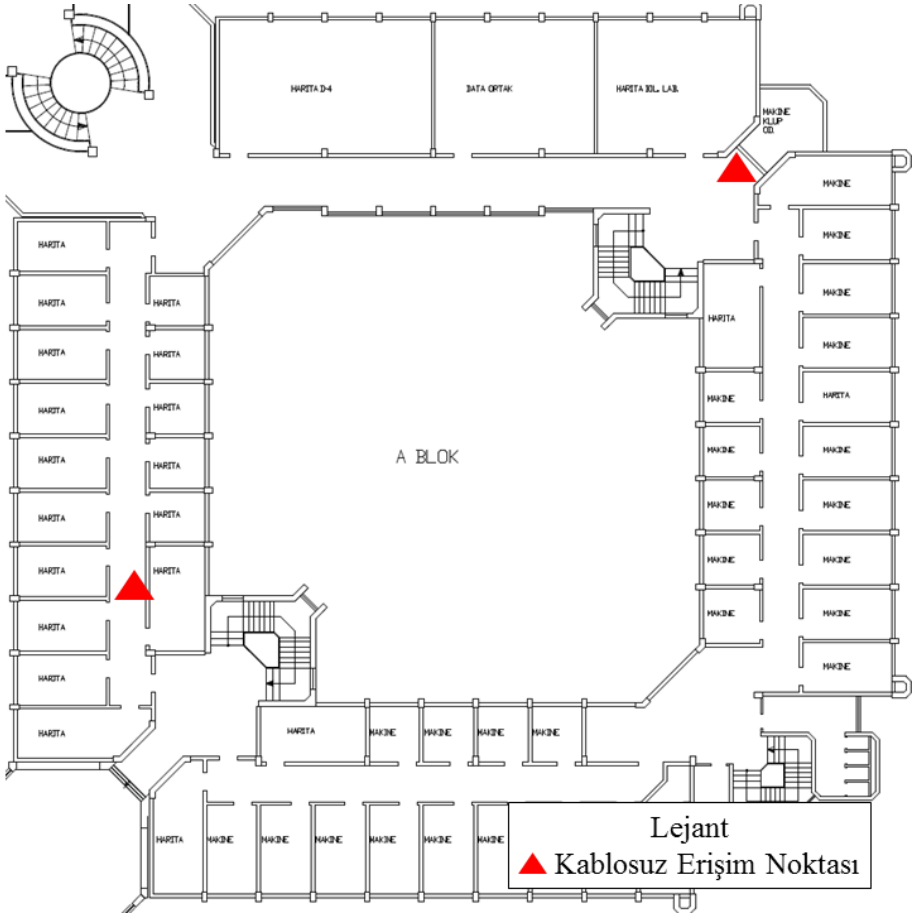


Şekil 4.6 Parmak izi yöntemi uygulama krokisi (Li ve ark., 2007)

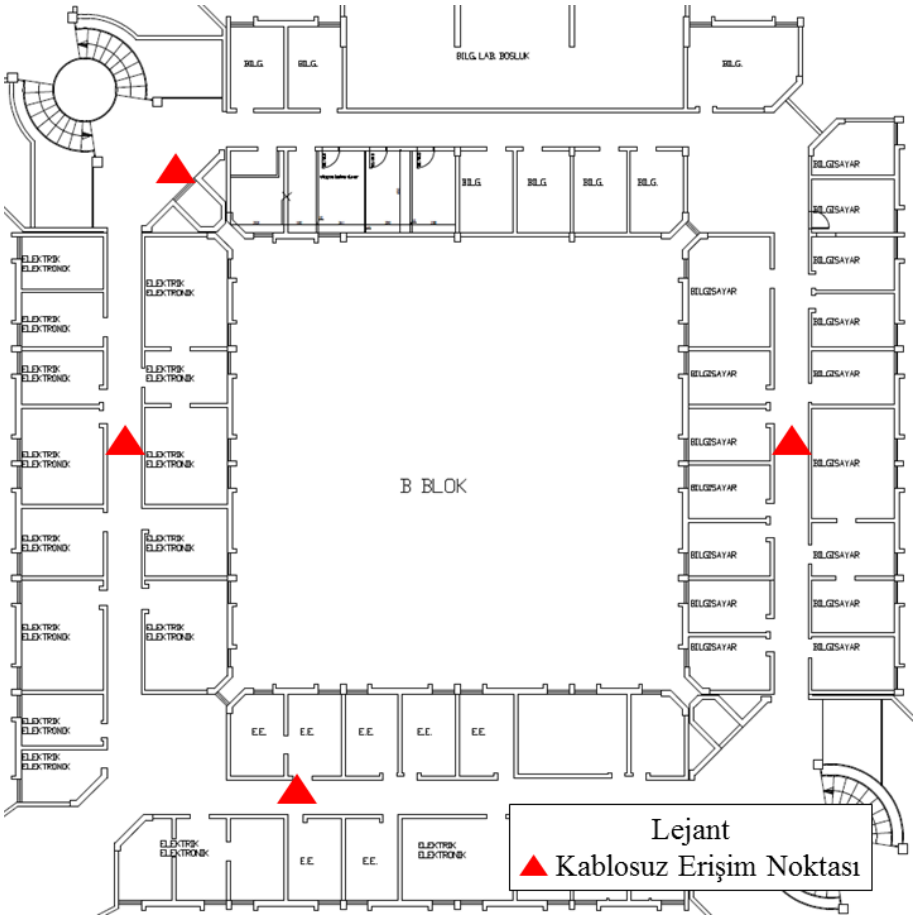
Bu noktalar ağında, önceden programlanmış cihaz yardımı ile her bir referans noktasında veri toplanır. Bu veri seti sinyal gücü, bağlanılan erişim noktaları gibi bilgileri içerir. Bu bilgiler daha sonra master istasyonda oluşturulan veritabanına aktarılır ve sistem eğitilmiş olur. İkinci aşama ise konum belirleme aşamasıdır. Mobil kullanıcı herhangi bir noktada konum isteği gönderdiğinde, aynı zamanda bulunduğu noktanın sinyal şablonunu da sisteme işlenmek üzere gönderir. İstasyonda değerlendirilen ve veritabanında önceden alınan bilgiler ile eşleştirilen sinyal bilgisi konum bilgisine dönüştürülür ve son olarak mobil kullanıcıya iletilir.

5. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Kapalı mekânlarda konum belirlemek üzere seçilen teknoloji, Wi-Fi teknolojisi olup konum belirleme yöntemi ise Parmakizi yani Fingerprinting yöntemi olmuştur. Saha çalışmaları için seçilen bina Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Binası olmakla birlikte yapılan deney ve çalışmalar ağırlıklı olarak A Blok ve B Blok binalarında yapılmıştır (Şekil-5.1 ve Şekil-5.2). Aşağıda bu çalışmalar geniş kapsamlı olarak açıklanmıştır.



Şekil 5.1 A Blok 3. kat planı ve erişim noktaları



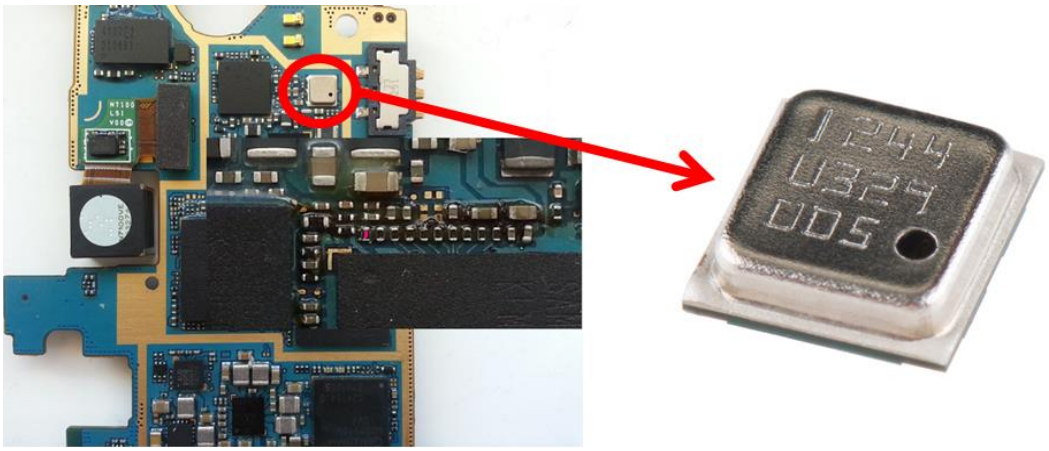
Şekil 5.2 B Blok 3.kat planı ve erişim noktaları

5.1. Uygulamada Kullanılan Donanımlar

Uygulama kapsamında yükseklik çözümü için test etmek amacıyla Bosch BMP182 sensörü seçilmiştir (Şekil 5.3). Bu sensör, yüksek hassasiyetli, çok düşük güçte çalışan bir barometredir. 300 mBar ile 1100 mBar basınç değerleri arasında 0.02 mBar değerine kadar yüksek doğruluğa sahiptir. Genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

BMP182 Genel Özellikleri

- Geniş barometrik basınç aralığı
- Esnek voltaj aralığı
- Ultra-düşük güç tüketimi
- Düşük gürültü ölçüm
- Tam kalibrasyonlu
- Ultra ince, küçük boyut
- 300-1100 mBar ±0.02mBar



Şekil 5.3 Bosch BMP182 barometre sensörü ve üzerinde bulunduğu devre

Wi-Fi erişim noktaları Aruba 210 serisi cihazlar ile donatılmıştır (Şekil 5.4). Orta ile yüksek yoğunlukta Wi-Fi bulunan ortamlarda, mobil cihazlarda yüksek performans sunar.



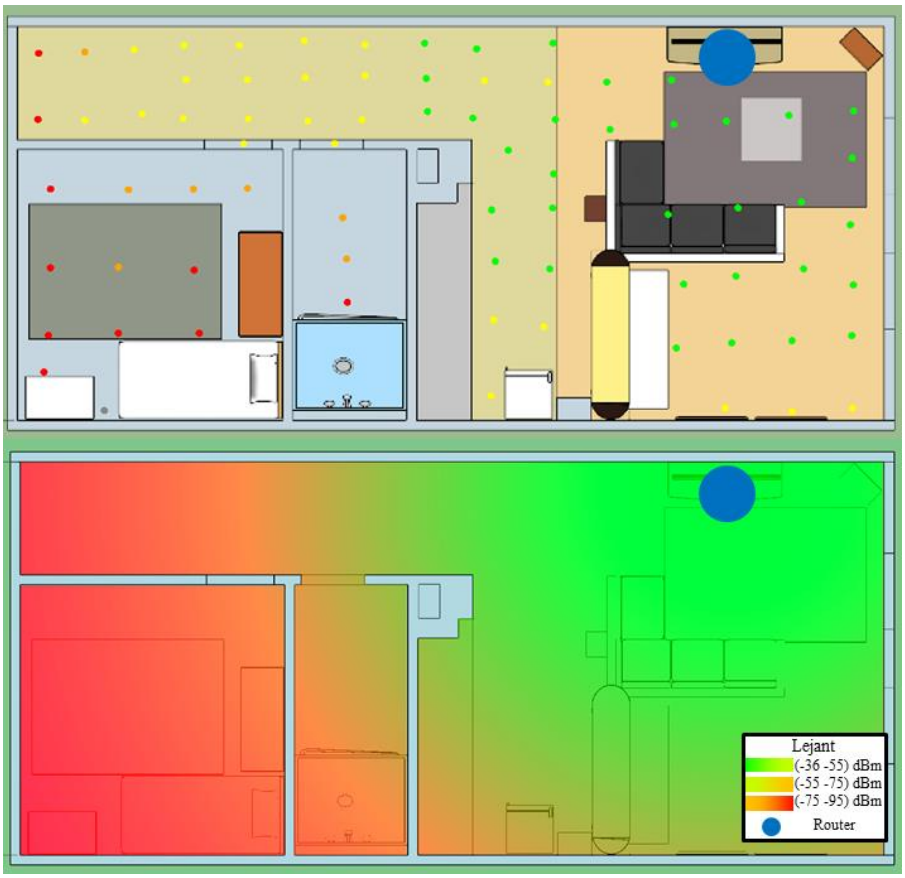
Şekil 5.4 Aruba erişim noktası ve bina içerisinde yerleşimi

Teknik Özellikleri

- Band 2.4-GHz (459 Mbps max rate)
- 5-GHz (1.3 Gbps max rate)
- Maks. Bağlı kullanıcı : 255
- Maks. Akt. Güç 2.4-GHz : 18 dBm
- Maks. Akt. Güç 5-GHz : 18 dBm
- Entegre Anten : 6x omni downtilt
- Çalışma Güç : 12V
- Çalışma Sıcaklık : 0˚C /+50˚C

5.2. Wi-Fi Sinyal Yayılımı

Konuma bağlı değişkenlik arz ettiği ortaya konulmuş Wi-Fi sinyallerinin yayılım prensipleri bir uygulama ile test edilmiştir. Bu uygulama standart bir apartman dairesi içerisinde tek bir erişim noktasına (AP) ait Wi-Fi sinyallerinin, daha sonra Parmakizi yönteminde referans noktaları adı ile geçecek olan noktalar ağında ayrı ayrı sinyal gücü ölçülmesi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Tek router sinyal yayılımı

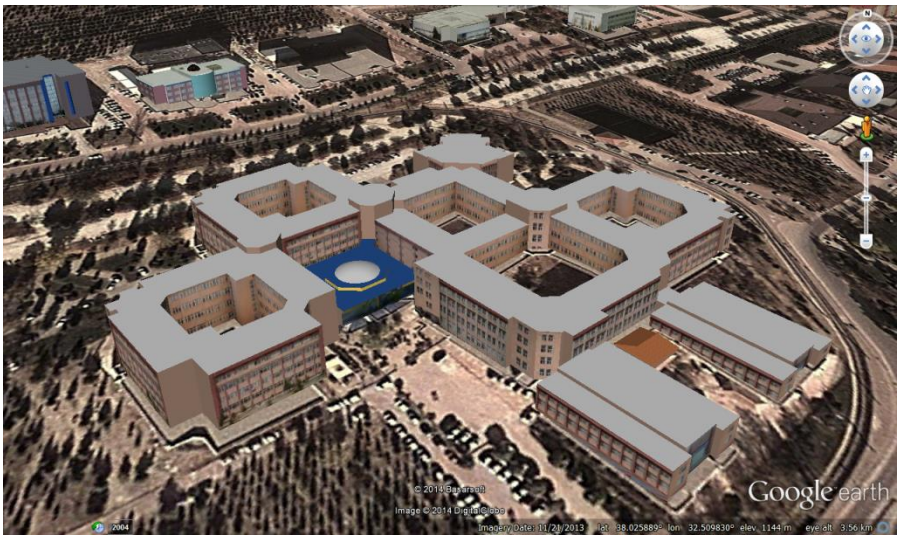
Bu uygulama ile Wi-Fi sinyallerinin, sinyal çıkış noktasından itibaren uzaklaştıkça sinyal gücünün katedilen mesafeye bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Dairesel bir yayılım izleyen sinyallerin duvar vb. engellerden geri yansıdığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kapı vb. aralıklardan geçen sinyaller bu konumlarda ayrıca bir dağıtıcı varmış gibi, dairesel olarak odaların içerisinde yayılırlar.

Yapılan deneysel çalışmalarda ulaşılan sonuçta sinyal gücü düşük olan bölgelerde konuma bağlı değişkenlikte tutarsızlıkların ortaya çıktığı görülmüştür. Sinyalin ulaşmakta zorlandığı bölgelerde ayrıca cihaz-AP (Access Point) arası bağlantı kalitesi

düştüğünden bağlantıda kopmalar da ortaya çıkmış, ve sağlıklı çözümlere ulaşılamamıştır.

5.3. Düşey (Yükseklik) Çözümü

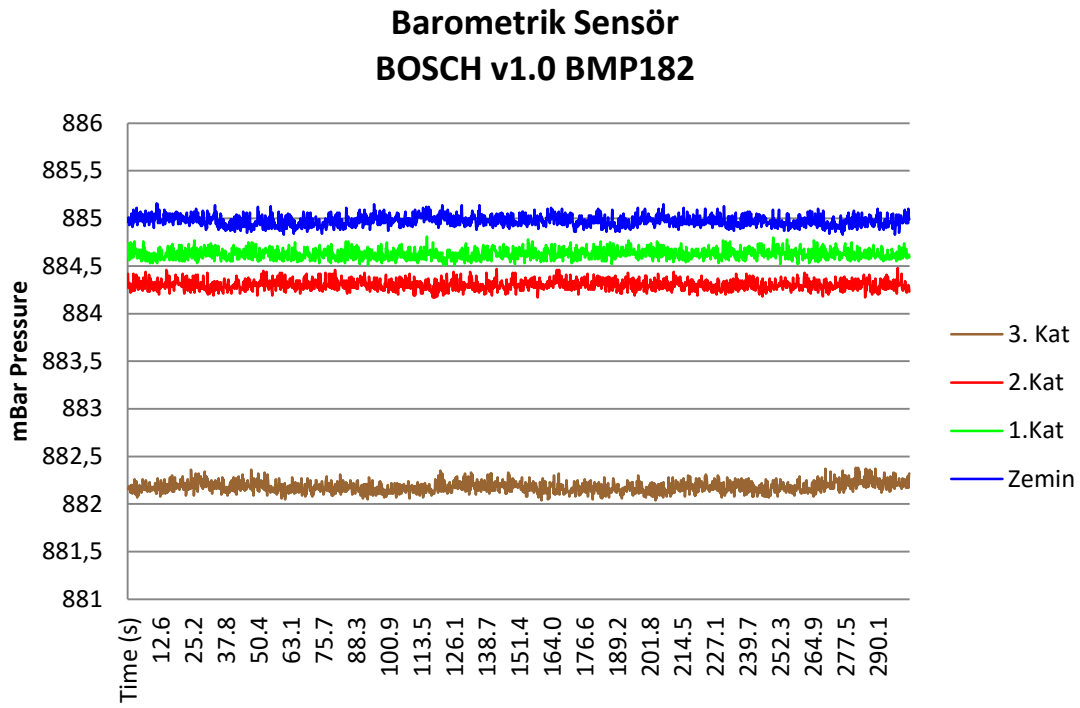
Çalışmanın gerçekleştirildiği Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası 3 kat zeminden yukarıda olmak üzere zemin kat ve bodrum katlardan oluşan ve A,B,C,D ve E bloklarına sahip büyük bir yapıdır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Bu yapı içerisinde, H kotunun, yani aslında kat bilgisinin belirlenebilmesi için iki yöntem araştırılmış ve birlikte çalışması düşünülen hibrit bir çözüm ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemler QR-Code çözümü ile dijital barometrik sensör okumalarıdır. QR-Code için bir sonraki bölümde genişletilmiş bilgi verilmiştir. Düşey kot belirleme ihtiyacı, gelişmiş bir kapalı mekan konum belirleme sistemi kurulacak çok katlı binalarda kaçınılmaz olmakla birlikte beklenilen doğruluk, bu çalışma çerçevesinde kat derecesinde yeterli görülmektedir.

Bu kapsamda BOSCH firmasına ait barometrik sensör V1.0 BMP182 kullanılmıştır. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi A Blok binası içerisinde, kat zeminlerinden yaklaşık 70-80 cm yükseklikte olacak şekilde basınç değerleri ölçülmüştür. Dijital ortamda kaydedilen bu değerler zemin kat, 1., 2. ve 3. katlar için 300 sn'lik ölçüm süresince 1/5.55 sn'lik ölçüm sıklığı ile kaydedilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Mühendislik Fakültesi A blok barometrik değerler

Bu değerler incelendiğinde barometrik sensör BMP182'nin Z kotu yani kat bilgisini belirlemek amacı ile kullanılabilecek derecede stabil olduğu görülmüştür. Ayrıca alınan basınç değerlerinin grafikte görüldüğü üzere birbirlerini kesmedikleri bu sebeple basınç farklarının kat değişim bilgisini verebileceği anlaşılmıştır. Ancak yapılan deneysel çalışmalarda farklı zamanlarda elde edilen sensör okumalarının aynı katlar için değişebildiği gözlemlenmiş ve bunun sebebinin sensörlerin kalibrasyon ihtiyacından olduğu anlaşılmıştır. Buna rağmen, elde edilen sensör verisinin, kesin kat bilgisi için değil, kat değişim bilgisi olarak kullanılması öngörülmüştür. Farklı katlarda yapılan sensör basınç verileri arasındaki farkın, stabil konumda durmakta olan sensör okuma değerlerinin standart sapmasından daha büyük olması, bu düşünceyi destekler niteliktedir. Sensör verisinin yüksek frekansta okunabilmesi, kat bilgisininin hassasiyetini ve robustluğunu artırmaktadır.

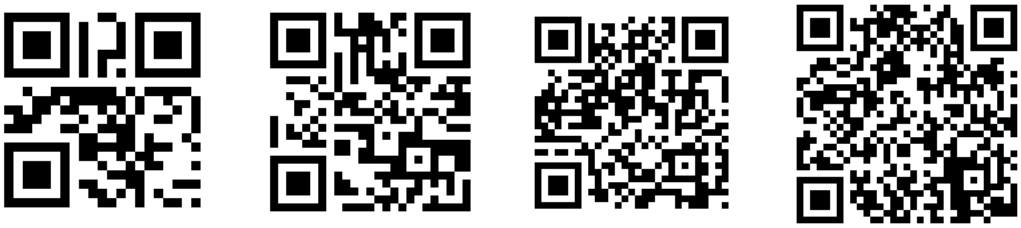
Çizelge 5.1 Basınç değerlerine ait standart sapmaları ve ortalama farklar

Katlar	Zemin	1	2	3
Std	0.0554	0.0518	0.0528	0.0568
Ort.Farklar		0.3483	0.3234	1.3216

5.4. QR Code

1994 yılında Japonya'da Denso Wave firması tarafından icat edilmiştir. Japon Otomotiv endüstrisi için, üretim sırasında çok hızlı parça taraması ve tanımlaması yapılabilmesi amacı için tasarlanmıştır. QR Code (Quick Response) 'un ilk ortaya çıkış amacına karşın günümüzde çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarına, reklamcılık sektörü, endüstride parça takibi, eğlence ve seyahat biletleri, tüketici ürünleri, dergi ve gazetelerde URL linkleri, kartvizitler vb. örnek olarak verilebilir.

Standart bir barkoddan daha fazla sayıda ve daha geniş yelpazede karakter saklayabilme özellikleri olan QR Code (Karekod)'lar bir takım standartlar üzerinde yapılandırılmaktadırlar. Bu standartlar, kodların okunabilmesinde önem arz etmektedirler. İçerisinde barındırdığı bilgi boyutuna göre farklılık gösteren kodlar, sakladığı karakter sayısı arttıkça daha küçük detaylara sahip bir şekile dönüşür (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Farklı veri yoğunluğuna sahip QR Code örnekleri

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde, bina içerisinde yönlendirmelere ait harita ve levhalar şekil 5.9'da verilmiştir. Burada görüldüğü üzere, Fakültenin A Blok kapısından giriş yapan bir kişi için, harita üzerinde bulunduğu konum işaretlenmiştir. Ayrıca haritanın yanısıra birçok yönlendirme levhası ile o anda bulunulan blok, B blok yönü, Öğrenci İşleri'ni gösteren bir levha gibi işaretler de mevcuttur. İşte bu noktada, hem fakülte duvarlarındaki bu kalabalıklığı yok etmek, hem de bina içerisinde pasif navigasyonu daha fonksiyonel bir hale dönüştürmek için Lokasyon Karekodları oluşturulmuştur.



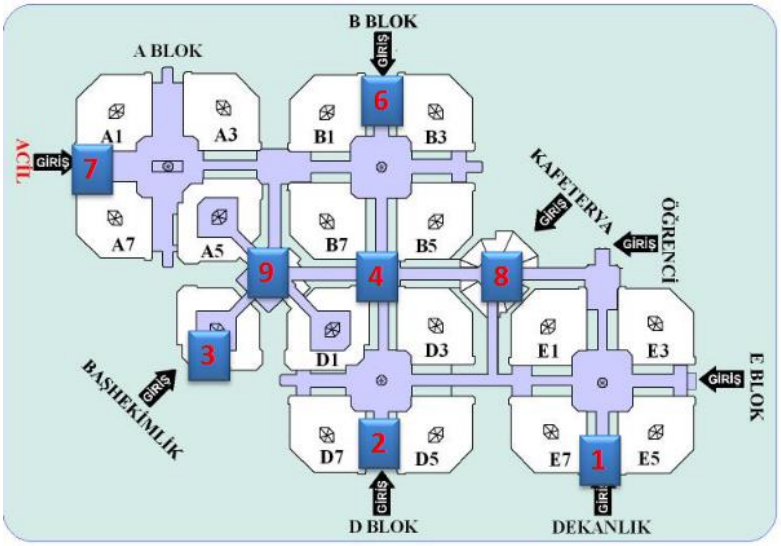
Şekil 5.9 A Blok girişi yönlendirme işaret ve levhaları

Lokasyon karekodları, hazırlama aşamasında önceden bahsedilen standartlar gözönünde bulundurularak belirli bir şema oluşturulmuştur. Bu çerçevede veritabanında bulunan meta data'ya uygun şekilde kod oluşturmak üzere bir program geliştirilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 QR-IPS Arayüz görüntüsü

QR-IPS adlı program basit bir arayüze sahiptir. Bu arayüzde, eğer manuel olarak kod oluşturulmak isteniyorsa, karekod içerisine saklanacak bilgi, açıklama yazıları ve karekoda ait şablon bilgileri girilebilmektedir. Ayrıca sistem güncellemelerinde kullanılmak amacıyla önceden oluşturulmuş Şekil 5.11'de görüldüğü şekilde bina içerisinde belirli koordinat ve kat değerlerine sahip karekodlara ait veritabanı okutularak otomatik olarak tüm binaya ait karekodlar oluşturulabilmektedir.



Şekil 5.11 Tıp Fakültesi binasına ait örnek QR-Code yerleşim şeması

Karekodların kapalı mekân konum belirleme sistemi içerisindeki yeri, kullanıcıya ilk kesin koordinat ve kat bilgileri ile birlikte harita üzerindeki konumu vermekle birlikte, Wi-Fi sisteminden koordinat belirlenemediği durumlarda en yakın karekod ile koordinat güncellenebilmesidir. Bu amaçla Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası içerisinde giriş çıkış bölgeleri, bloklar arası geçişler gibi stratejik bölgelere şekil 5.12'de görüldüğü gibi kodlar yerleştirilir. Bu şekilde oluşturulan sistemde, düşük maliyet ve kolay kuruluma sahip pasif kapalı mekân navigasyon destek sistemi kurulmuş olur.

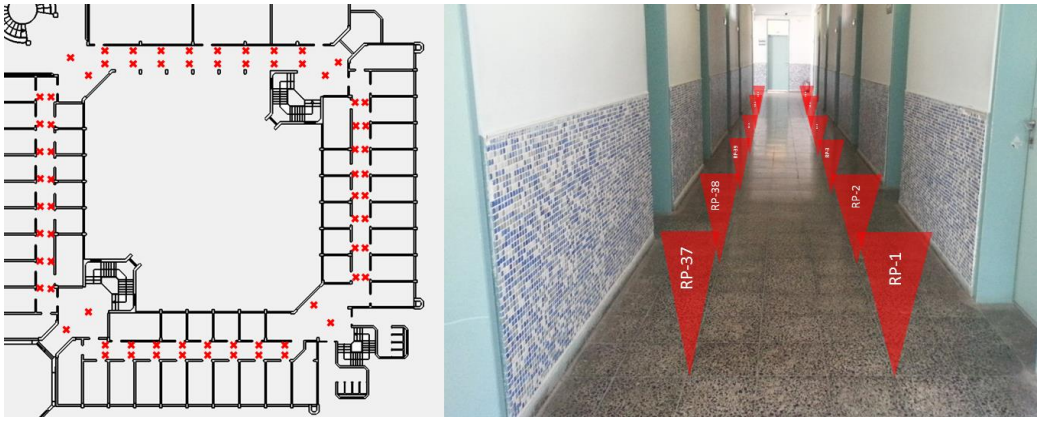


Şekil 5.12 Fakülte içerisinde QR-Code yerleşimleri

5.5. Parmakizi Veritabanı

Wi-Fi sinyallerinden yararlanılarak oluşturulacak parmakizi veritabanı için, mühendislik fakültesi A Blok 3.kat, ve B Blok 3.kat seçilmiştir. Bu kapsamda seçilen

bölgelerde ön çalışma yapılarak Wi-Fi router'ların konumları ve sayıları keşfedilmiştir. Routerlar genel olarak bina tavanına yakın olarak yerleştirilmiştir. Tüm koridorlarda kablosuz internet ağının yayılması düşünüldüğünden yerleşimleri yapılırken bu göz önünde bulundurulmuş ve hemen her konumda sinyal elde edilebilmesi amaçlanmıştır.Parmakizi ölçümleri yapılacak referans noktaları belirlenmiş ve kırmızı yuvarlak etiketler ile işaretlenmiştir (Şekil 5.13).



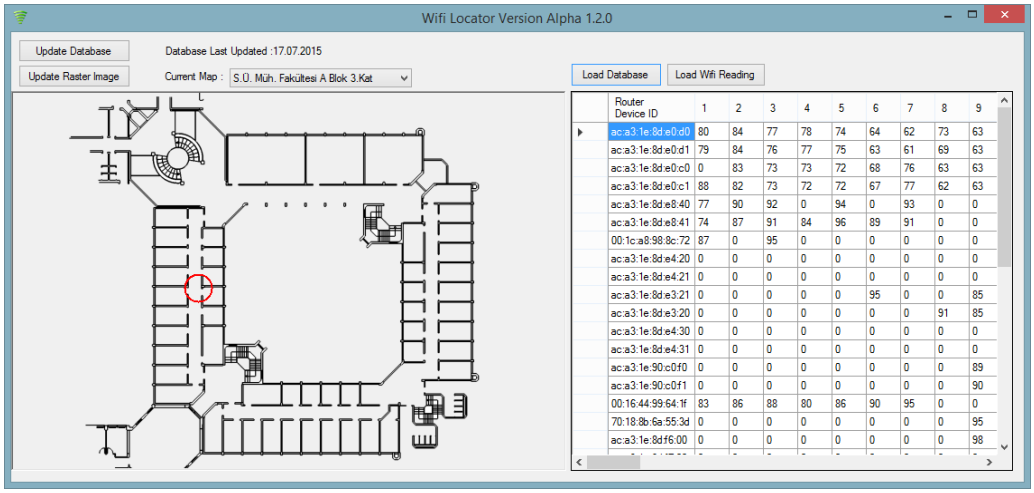
Şekil 5.13 Referans noktaları dağılımı

Belirlenen tüm referans noktalarında ölçümler yapılmış ve SSID, radio mac, sinyal gücü, sinyal frekansı, sinyal kanalı, şifreleme gibi bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler bir süzgeçten geçirilerek yalnızca konum belirlemede gerekli olan ve parmakizi eşleştirmede kullanılacak mac adress ve sinyal gücü bilgileri veritabanına kaydedilmiştir. Doğruluk araştırması için A blok bölgesinde referans nokta sayısı iki katına çıkarılarak sonuçlar irdelenmiştir. Wi-Fi router sayısı A bloktan daha fazla olan B blok sonuçları ise A blok ile karşılaştırılmış ve Wi-Fi router sayısının konum belirlemedeki önemi araştırılmıştır. Referans noktaları koordinatları uygulama kapsamında lokal olarak ölçülmüş ve parmakizi veritabanında ilgili wifi sinyal gücü izleri ile eşleştirilmiştir.

5.6. Wi-Fi Locator Programı

Çalışmanın son aşaması olan elde edilen verilerin işlenmesi, değerlendirilmesi ve eşleştirme işlemlerini yapabilecek bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım içerisinde iç mekân haritaları yüklenmiş ve ayrıca ölçümler sonucu elde edilen parmakizi veritabanları eklenmiştir. Bu araştırma çalışması için birtakım esnek özellikler düşünülerek geliştirilen programda gerek veritabanı gerekse iç mekân haritaları

güncellenebilmekte ve bir başka binaya uygulanabilir hale gelebilmektedir. Grafik arayüzü, geliştirme versiyonunda bir harita ve geçerli veritabanını gösteren tablodan oluşmaktadır ve üçüncü kullanıcıya uygun şeklinin geliştirilmesi oldukça kolaydır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Wi-Fi Locator alpha sürümü ana ekranı

Konum belirleme algoritması, bir matris olan parmakizi veritabanını kullanmaktadır. Bulunduğu konumda Wifi okuması gerçekleştiren kullanıcı, bu okumayı merkezi sisteme gönderir. Wifi Locator programından Load Wifi Reading komutu ile gönderilen veri alınır ve bu veri içerisinde hangi erişim noktalarının bulunduğu ve bu erişim noktalarından elde edilebilen sinyal güçleri okunur. Kullanıcıya ait olan bu veri, kullanıcının o anda bulunduğu konuma özel bir sinyal deseni haline dönüşür. Bu sinyal deseni, veritabanında bulunan bilgiler ile karşılaştırılmak üzere işleme alınır. Bu karşılaştırma işlemi, referans noktalarına ait parmak izi ölçüleri alınırken elde edilen sinyal gücü bilgileri ile, kullanıcıya ait sinyal gücü bilgilerinin yakınlık derecelerinin elde edilmesi şeklinde olur.

En az üç router ile yakın şekilde eşleşmesi gereken konum sinyal ölçüleri, veritabanında bulunan tüm referans noktaları için test edilir. Her bir referans noktasında elde edilen router-sinyal gücü karşılaştırmaları sonucunda ise bir yakınlık derecesi elde eder. Bu eşleştirme işlemi sonucunda ise her birinin eşsiz sinyal şablonuna sahip olması beklenen referans noktalarından, kullanıcı konumunda elde edilen sinyal desenine en benzer olanının koordinatları kullanıcı koordinatları olarak belirlenir. Eğer herhangi iki referans sinyal şablonu birbirine çok yakın derecede benziyor ise bu referans noktalarının konumları birbirlerine çok yakın olabilir ya da düşük sayıda router

sinyalleri ile elde edilen sonuçlar neticesinde farklı koordinatlarda bulunan iki referans noktası aynı sinyal ile yakın derecede eşleşebilir. Bu benzerliğin kesin konum belirleyebilmek için yok edilmesi gerekmektedir. Sonuçlar kısmında bulgular irdelenerek bu problem açıklanmıştır.

6. SONUÇLAR

Kapalı mekânlarda konum belirleme ihtiyacı gün geçtikçe daha belirgin duruma gelmektedir. Bu ihtiyaç gerek kişisel kullanım gerekse ticari kullanım olsun, çeşitli uygulamalar ile giderilmektedir. Her gün gelişen teknolojinin etkisiyle iç mekânlarda uygulanan konum belirleme sistemleri de gelişmekte, doğruluk, sürat ve kullanılabilirlik gibi kriterleri yükselmektedir. Mobil cihazların sahip olduğu 2G, 3G, GSM, GNSS, Wi-Fi, bluetooth, ivme ölçer, gyro, barometre, adımsayar, dijital pusula vb yetenekler/sensörler ile kapalı mekânlarda konum belirleme yöntemleri gelişmesini sürdürecektir (Özdemir ve ark., 2014). Bu çalışmada uygulama sahası olarak seçilen Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası seçilmiştir.

Öncelikle düşey konum yani yükseklik bilgisinin iç mekânlarda nasıl elde edilebileceği araştırılmış ve birer destek sistemi olarak düşünülebilecek QR-Code ve dijital barometre sensörleri kullanılmıştır. QR-Code, iç mekânda en kolay şekilde kurulabilen ve pasif konum belirleme sistemi olarak düşünülebilecek bir yöntem olup, diğer konum belirleme yöntemleri ile birlikte çalışabilecek özelliklere sahiptir. Sensör verileri kapalı mekân konum belirlemede sıkça kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında Bosch BMP182 barometrik sensörü ile zemin kat, 1. Kat, 2.kat ve 3. katlarda barometre sensör verisi kaydedilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sensör verisinin oldukça stabil olduğu görülmüş ve oluşturulan grafiklerden anlaşıldığı üzere birbirini kesmeyen barometre okumalarının yükseklik değişimi, yani kat değişiminin belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yatay konum belirlemede Wi-Fi teknolojisi kullanılmıştır. Fakülte binasının A Blok 3.katında kablosuz erişim noktaları araştırılmış, konumları ve sayıları belirlenmiştir. Bu blokta iki farklı parmakizi veritabanı oluşturulmuştur. Biri, diğerinin iki katı referans noktasına sahip olan bu iki veritabanı, tez çerçevesinde yazılan Wi-Fi Locator programı ile incelenmiştir. Sonuçta referans nokta sayısı az olan veritabanı ile yapılan hesaplamalarda, konum belirleme algoritması, anlamlı tek bir konum bilgisine ulaşamamış ve birden çok sonuçla karşılaşılmıştır. Kullanıcı konumunda alınan SSID, sinyal gücü deseninin parmakizi veritabanında birden çok referans noktası ile eşleşmesinden kaynaklanan bu problem, referans nokta sayısı artırılarak aşılabilmektedir.

Diğer bir yandan, konum hesaplamada erişim noktası sayısının etkisini ölçmek için, A Blok ile B Blok verileri karşılıklı incelenmiştir. A Bloktan daha fazla sayıda erişim noktasına

sahip olan B Blok verileri, daha kesin sonuçlar ortaya koymuştur. Bunun sebebi ise, her bir referans noktasında elde edilen Wi-Fi sinyal deseninin, erişim noktası sayısı arttıkça eşsiz olma ihtimalinin artması sonucu, sinyal deseni eşleştirme algoritmasının daha sağlıklı çalışabilmesinden kaynaklanmaktadır. Sonuçta bir parmakizi veritabanı oluşturulurken referans noktalarının belirlenmesinde, erişim noktası sayısı önemli bir rol oynamaktadır. Buna bağlı olarak referans nokta sayısındaki değişim, sistemin kurulum aşamasında ve güncelleme aşamasında zaman ve iş gücü gereksinimi oluşturduğundan, bu niteliklerin iyi irdelenmesi ve sisteme ekstra yük getirmeyecek kadar hafif, ancak konum doğruluğunu olabilecek en yüksek derecede tutacak kadar yoğun olmaları gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, yukarıda belirtilen durumlar göz önüne alındığında, elde edilen doğruluklar düşeyde kat seviyesinde, yatayda ise 2 metre çapında belirlenmiştir.

Farklı iç mimariye sahip binalarda Wi-Fi sinyal yayılımının incelenmesi, konum belirleme yöntemi seçilirken tercih sebebini etkileyebilir. Wi-Fi tabanlı diğer konum belirleme yöntemlerinin farklı mekânlarda test edilmesinin, kurulacak sistemlerin kalitesini artırabileceği öngörülmektedir.

7. KAYNAKLAR

Alkan, R.M., Coşar, M., 2014, "Üniversite Yerleşkelerinde Wi-Fi Erişim Noktaları Kullanılarak Konum Belirleme Çalışması", 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Çorum, 15-17 Ekim

Chen, Y., Lymberopoulos, D., Liu, J., Priyantha, B., 2012, FM-based indoor localization, *MobiSys '12 Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and service, 169-182, Lake District UK*

Farid, Z., Nordin R., Ismail M., 2013, Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System, *Journal of Computer Networks and Communications, 12, Bangi Malaysia*

Gu Y., Lo, A., Niemegeers, I., 2009, A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks, *IEEE Communıcatıons Surveys & Tutorıals, Vol. 11, No. 1, Delft*

Li, B., Kam, J., Lui, J., Dempster, A.G., (2007): Use of directional information in Wireless LAN based indoor positioning, IGNSS2007 Symp. on GPS/GNSS, Sydney, Australia, 4-6 Aralık, 49, CD-ROM procs.

Mandal, Atri., Lopes, Cristina V., Givargis, Tony., Haghighat, Amir., Jurdak, Raja., Baldi, Pierre., Beep:3D Indoor Positioning Using Audible Sound, In Proc. Of CCNC Las Vegas, NV, 01.2015

Özdemir B.N., Ceylan A., Alçay S., Yiğit C.Ö., 2014 *Kapalı Mekanlarda Uygulanan Konum Belirleme Yöntemleri ve Karşılaştırılması, 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Eklim 2014, Hitit Üniversitesi, Çorum*

Özsoy, K., 2009, An Indoor Positioning System Based on Global Positioning System: Design, Implementation and Analysis, S.U, Master of Science Thesis, Istanbul

Popleteev, A., Osmani, V., Mayora, O., 2012, Investigation of indoor localization with ambient FM radio stations, *10th IEEE Pervasive Computing and Communication conference, PerCom, 171-179, Lugano*

Priyantha, N.B., 2005, The Cricket Indoor Location System, PhD Thesis S.M. Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge

Shafer, S., Krumm, J., Brumitt, B., Meyers, B., Czerwinski, M., Robbins D., 1998, The New EasyLiving Project at Microsoft Research, *Joint DARPA/NIST Smart Spaces Workshop, Gaithersburg, Maryland*

Want, R., Hopper, A., Falcão, V., Gibbons, J., 1992, The Active Badge Location System, *ACM Transactions on Information Systems (TOIS) Volume 10 Issue 1, 91-102*

URL-1(Ağustos 2015):https://users.cs.jmu.edu/bernstdh/web/common/lectures/slides_map- matching_introduction.php

URL-2(Ağustos 2015) :http://www.ndigital.com/msci/products/optotrak-certus/

URL-3(Ağustos 2015) :http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth

URL-4(Ağustos 2015) :http://en.wikipedia.org/wiki/FM_broadcasting

URL-5(Ağustos 2015) :http://tr.wikipedia.org/wiki/ZigBee

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Behlül Numan ÖZDEMİR
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	ORDU / 10.05.1989
Telefon	**:**	05427422093
Web	**:**	www.behlulozdemir.com
e-mail	**:**	behlulozdemir@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Ordu Lisesi, Altınordu / Ordu	2006
Üniversite	:	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Merkez / Trabzon	2011
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu / Konya	2015

YABANCI DİLLER

İngilizce