



Çok katlı mekanların navigasyonu için bluetooth tabanlı Beacon teknolojisi: Pamukkale Üniversitesi Hastanesi Örneği

Recep Çakır^{*1}, Çağrı Çiçekdemir², Serkan Doğanalp³

¹ Pamukkale Üniversitesi, Çameli Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Denizli, Türkiye, rcakir@pau.edu.tr

² Pamukkale Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Denizli, Türkiye, ccicekdemir@pau.edu.tr

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, sdoganalp@ktun.edu.tr

Kaynak Göster: Çakır, R., Çiçekdemir, Ç., & Doğanalp, S. (2024). Çok katlı mekanların navigasyonu için bluetooth tabanlı Beacon teknolojisi: Pamukkale Üniversitesi Hastanesi Örneği. *Geomatik*, 9 (2), 156-163

<https://doi.org/10.29128/geomatik.1378154>

Anahtar Kelimeler

Beacon
Kapalı alan konumlama
Navigasyon
Yakınlık algoritması

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.10.2023
Revize: 22.11.2023
Kabul: 26.11.2023
Yayınlanma: 15.08.2024



Öz

İnsanlar alışveriş merkezi, hastane, metro, otopark gibi büyük yapıdaki kapalı alanlarda çoğu kez yönlerini bulmakta zorluk çekmektedirler. Bu tip kapalı alanlarda GNSS teknolojisinin de yetersiz kalmasından dolayı farklı teknolojilerle navigasyon ihtiyacı giderilmektedir. Bu teknolojilerden biri de Bluetooth tabanlı Beacon teknolojisidir. Bu çalışmada Beacon teknolojisi kullanılarak Pamukkale Üniversitesi Hastanesi için navigasyon amaçlı Android ve iOS tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiş ve mobil platformlarda yayınlanarak insanların kullanımına sunulmuştur. Çalışmada hastane katlarının haritası çıkartılarak her bir kata konum belirleme amaçlı Beacon ağı kurulmuştur. Hastanenin kat haritaları, ITRF datumunda ve UTM projeksiyonunda elde edilmiştir. Beacon'lar sinyal yapısına göre her bir kata gruplandırılarak yerleştirilmiştir. Beacon cihazlarının konumlandırılması hastanenin fiziksel durumuna göre 7 ile 12 metre arasında değişkenlik gösteren aralıklarla Yakınlık (Proximity) algoritmasına göre yapılmıştır. Uygulamada Dijkstra algoritması en kısa yol algoritması olarak seçilmiş ve navigasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan navigasyon testlerinde %95 başarı elde edilmiştir.

Bluetooth-based Beacon technology for navigation in multi-story spaces: A case study of Pamukkale University Hospital

Keywords

Beacon
Indoor
Navigation
Proximity algorithm

Research Article

Received: 19.10.2023
Revised: 22.11.2023
Accepted: 26.11.2023
Published: 15.08.2024

Abstract

People often have difficulty finding their way in large indoor such as shopping malls, hospitals, subways and parking lots. Since GNSS technology is insufficient in such indoors, the need for navigation is met with different technologies. One of these technologies is Bluetooth-based Beacon technology. In this study, an Android and iOS based mobile application was developed for Pamukkale University Hospital for navigation purposes using Beacon technology and it was published on mobile platforms and made available to people. In the study, a map of the hospital floors was created, and a Beacon network was established to determine the location of each floor. Floor maps of the hospital were obtained in ITRF datum and UTM projection. Beacons were grouped and placed on each floor according to the signal structure. The positioning of beacon devices was made according to the proximity algorithm at intervals varying between 7 and 12 meters, depending on the physical condition of the hospital. In practice, Dijkstra algorithm was chosen as the shortest path algorithm and navigation tests were carried out. 95% success was achieved in the navigation tests.

1. Giriş

Günümüzde insanlar hastane, metro, alışveriş merkezi, terminal, kültür merkezi gibi kapalı alanlarda zamanlarının çoğunu geçirmektedirler. Bu tür yapıların büyük, karmaşık ve yönlendirme bakımından yetersiz oluşu insanların bu tip kapalı alanlar içerisinde gidecekleri hedefe ulaşmalarını güçleştirmektedir. Küresel Konum Belirleme Sistemleri (GNSS) ile çok hassas konum belirlenebilmektedir. Ancak kapalı alanlarda kullanıcıların GNSS sinyallerine sağlıklı erişememesinden dolayı bu sistemler iyi performans verememektedir (Ilci ve ark., 2015; Brena ve ark., 2017). Dolayısıyla kapalı alanlarda konum belirleme amaçlı farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojilere Beacon, Wi-Fi, RFID (Radio Frequency Identification), ZigBee, UWB (Ultra Wide Band) tabanlı teknolojiler örnek olarak verilebilir (Brena ve ark., 2017; de Blasio ve ark., 2019; Eroğlu ve Doğan, 2019). Kapalı alanlarda konumlamada bu teknolojilerin başında gelen Beacon teknolojisi oldukça kullanışlıdır. Beacon cihazları kolay kurulum taşınabilen, pille çalışabilen, küçük, hafif, düşük enerji tüketimine sahip, düşük maliyetle yüksek konum doğruluğu sağlayan cihazlardır (Siekkinen ve ark., 2012; de Blasio ve ark., 2019). Beacon teknolojisi kullanıcılara konumlandırma bakımından direkt olarak gelişmiş bir olanak sağlayabilir (de Blasio ve ark., 2017). Beacon teknolojisi Bluetooth Low Energy (BLE) alt yapısını kullanmaktadır. BLE, klasik Bluetooth teknolojisini tamamlayan bir teknoloji olmasının yanı sıra mümkün

olan en düşük enerjiyle tasarlanıp üretilebilen kablosuz bir teknolojidir. BLE, Bluetooth özelliklerini taşımakla birlikte farklı tasarım ve pazar hedefleri olan başka bir teknoloji olarak düşünülmelidir (Heydon, 2013). BLE, Bluetooth 4.0 versiyonuyla 2010 yılında kullanıcılara sunulmuştur (Kajioka ve ark. 2014). Daha sonraki yıllarda BLE, özelliklerini 4.1, 4.2, 5.0 ve 5.1 versiyonları ile geliştirerek yenilemiştir (de Blasio ve ark., 2019). BLE alanında son versiyon ise 5.2 olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Yöntem

2.1. Uygulama alanı

Bu çalışmada, Denizli İli içerisinde yer alan Pamukkale Üniversitesi Hastanesi için Beacon tabanlı navigasyon uygulaması geliştirilmiştir. Hastane poliklinikleri 6, yataklı servisler ise 13 kattan oluşmaktadır. Günlük yaklaşık 5000 ile 12000 kişi arasında değişen ziyaretçileri (hasta, hasta yakını, kurum çalışanları vb.) poliklinik içerisindeki birimlere ve poliklinik harici yataklı servislere yönlendirmek çalışmanın ana hedefidir. Çalışma alanında kurulan Beacon ağının, yaklaşık olarak 40000.00 m² kapalı alanda navigasyon ihtiyacını karşılaması planlanmaktadır. Çalışmada 276 adet Beacon cihazı kullanılmıştır. Pamukkale Üniversitesi Hastanesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Pamukkale Üniversitesi Hastanesi.

2.2. Beacon cihazı

Bu çalışmada Şekil 2'de gösterilen Bluetooth 4.2 ve 5.0 uyumlu Kontakt.io firmasının ürettiği Asset Tag Beacon cihazları kullanılmıştır (URL-1).

Bir Beacon'la iletişim kurmak için Universally Unique Identifier (UUID), Major, Minor ve ölçülen güç değerlerini (MPower) bilmek veya yapılandırmak gereklidir (Kohne ve Sieck, 2014).

UUID: Beacon'ların kullanıldığı tüm ağı benzersiz şekilde tanımlamak için kullanılan 128-bitlik bir

tanımlayıcıdır.

Major: 16-bitlik bir veri parçası olup tanımlanan ağ içinde belirli bir bölgeyi veya grubu tanımlamak için kullanılır.

Minor: Tanımlanan ağ içerisinde bulunan belirli bir bölge veya grup içerisinde daha küçük kısımları tanımlamak için kullanılan 16-bitlik bir veri parçasıdır.

MPower: Kullanıcıların Beacon cihazlarına yakınlığını hesaplamak için kullanılır (Siekkinen ve ark., 2012; Allurwar ve ark., 2016).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan Beacon cihazı (URL-1).

2.3. Haritalama

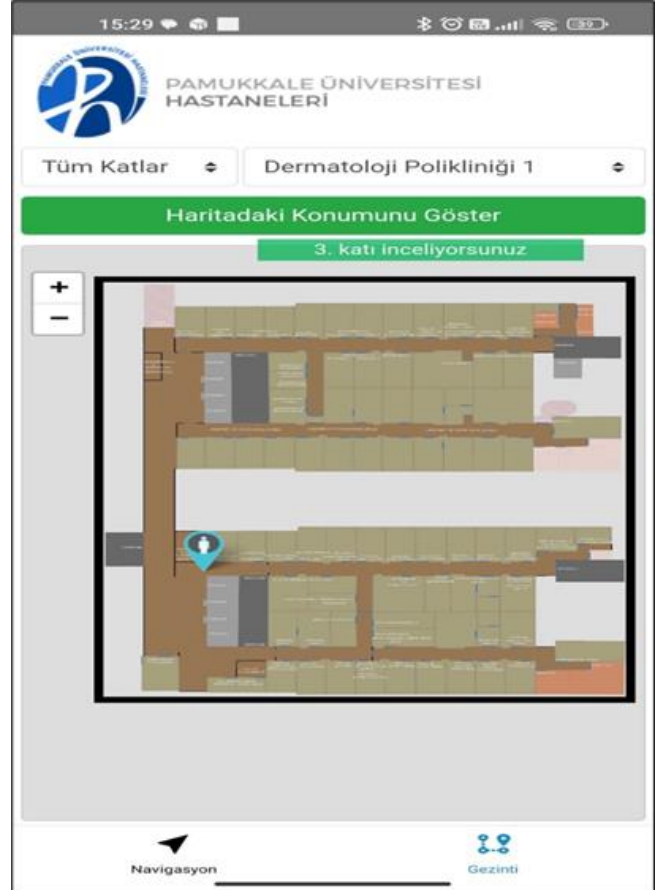
Navigasyon uygulaması için haritalama işlemi kat planlarından elde edilerek yapılmıştır. Bu işlem için iki boyutlu benzerlik dönüşümü kullanılmıştır. Benzerlik dönüşümü 1 ölçek, 1 dönüklük ve 2 öteleme olmak üzere 4 parametreden oluşur. Benzerlik dönüşümü için her iki sistemde koordinatları bilinen en az iki noktaya ihtiyaç vardır (Başçıftci ve İnal, 2008; Konakoğlu ve Gökalp, 2016; Hüsrevoğlu ve Tuşat, 2018).

Haritalama işlemi için hastanenin kat planlarındaki noktalar belirlenerek hastane içerisinde bu noktalardan ölçü alınmıştır. Yapılan ölçümler International Terrestrial Reference System (ITRF) datumunda ve Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonundadır. Bu işlem için South G1 Galaxy GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal GNSS Ağı Aktif) sisteminden yararlanılarak proje alanına sabit noktalar tesis edilmiştir. Bu noktalardan çıkış alınarak South N4 elektronik uzunluk ve açı ölçer ile hastane içerisindeki ortak noktalar ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Saha ölçümleri.

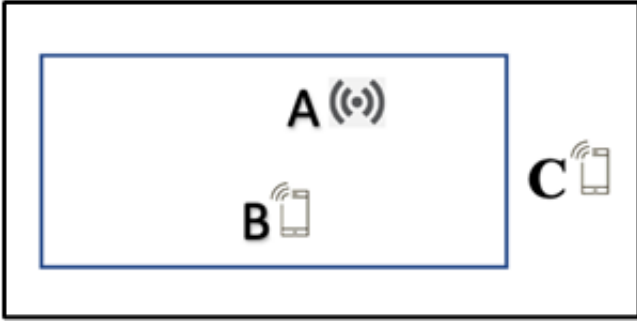
Her iki sistemdeki ortak noktalar yardımıyla benzerlik dönüşümü yapılarak kat planları koordinatlandırılmıştır. Elde edilen harita ITRF datumunda ve UTM projeksiyonundadır. Haritanın belirli bir datum ve projeksiyon sisteminde elde edilmesi veri analizi ve Beaconların uygulama sahası içerisindeki yerleşimini kolaylaştırmaktadır. Haritanın çizimi ise NetCad programında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen harita GeoTIFF formatında navigasyon uygulamasına aktarılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Kat haritası örneği.

2.4. Konumlandırma algoritması

Kapalı alanlarda konum belirlemek için Üçgenleme (Trilateration), Parmakizi (Fingerprint), Yakınlık (Proximity), Hibrit (Hybrid) algoritmalar gibi birçok algoritma kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Bu çalışmalara Wang ve ark., (2013), de Blasio ve ark., (2017), Ilci ve ark., (2018), Nagah Amr ve ark., (2021) örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmada uygulama alanının büyüklüğüne bağlı olarak çok fazla sayıda Beacon kullanılması sebebiyle Proximity algoritması konumlandırma algoritması olarak tercih edilmiştir. Proximity algoritmasının kullanımı oldukça basittir. Konumu bilinen noktalara vericiler (Beacon, Wi-Fi vb.) yerleştirilir. Kullanıcı vericilerle bağlantı kurduğunda kullanıcının konumu belirlenen nokta veya alanda kabul edilir. Şekil 5'te A vericisinin Proximity alanı dikdörtgen bölge ile gösterilmiştir. B kullanıcısı A vericisinden sinyal aldığı anda A vericisinin Proximity alanı içerisinde yer alacaktır. C kullanıcısı ise A vericisinin Proximity alanı dışında yer almaktadır (Khudhair ve ark., 2016).



Şekil 5. Proximity algoritması.

Kullanıcı ile Beacon arasındaki mesafenin konumlandırma algoritmaları için bilinmesi gerekmektedir. Bu mesafe Beacon cihazlarının yaydığı Bluetooth sinyallerinin gücündeki değişimden belirlenebilmektedir. Bu değişim Received Signal Strength Indication (RSSI) değeriyle temsil edilmektedir. RSSI değeri dBm (decibel-mill watt) şeklinde ifade edilir. RSSI değeri kullanılarak Beacon cihazıyla kullanıcı arasındaki mesafe [Eşitlik 1](#) ile hesaplanır.

$$d_i = 10^{\frac{r_0 - r_i}{10n}} \quad (1)$$

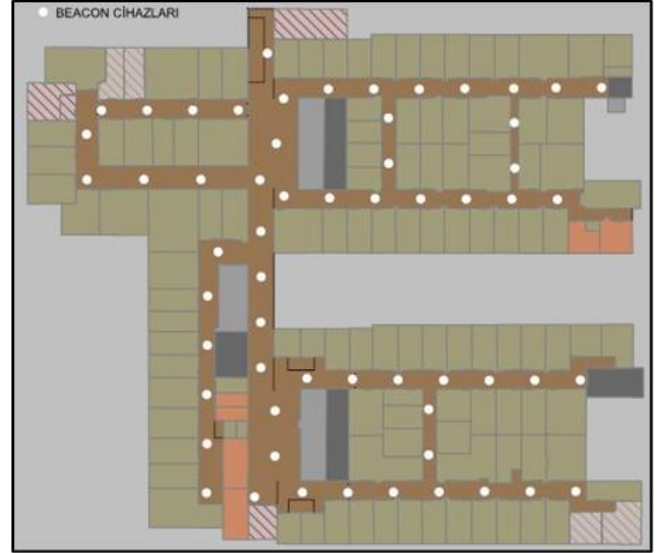
[Eşitlik 1](#)'de d_i alıcı ile verici arasındaki mesafeyi, r_i anlık algılanan RSSI değerini, r_0 (MPower) 1 m mesafe için hesaplanan RSSI değerini, n ise ortam koşullarına bağlı yol kaybı katsayısıdır ([Anagnostopoulos ve Deriaz 2014](#); [Khudhair ve ark., 2016](#); [Sung, 2016](#); [Vadivukkarasi ve Kumar, 2020](#); [Nagah Amr ve ark., 2021](#)). Ortam koşullarına göre n ve r_0 belirlenerek hesap yapılabilir. Ancak bu çalışmada, çalışma alanının büyük olması ve ortam koşullarının değişken olması nedeniyle üretici firma tarafından sağlanan donanım kaynaklı değerler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Beacon yazılım kütüphanesinde ([URL-2](#)); "accuracy" değeri, Beacon cihazıyla kullanıcı arasındaki mesafeyi temsil etmektedir ([Şekil 6](#)).

```
{
  "uniqueid": null,
  "minor": 14429,
  "firmwareVersion": "-1",
  "txPower": 77,
  "accuracy": 6.356625926297197,
  "isShuffled": false,
  "batteryPower": -1,
  "major": 52046,
  "uuid": "41c83f82-3758-4218-93fc-f20b2b765a2d",
  "name": null,
  "rssi": -99,
  "address": "E4:16:21:9E:C4:3F",
  "proximity": "FAR"}]
```

Şekil 6. Çalışmada kullanılan Beacon iletişim değerleri.

2.4.1. Konumlandırma planı

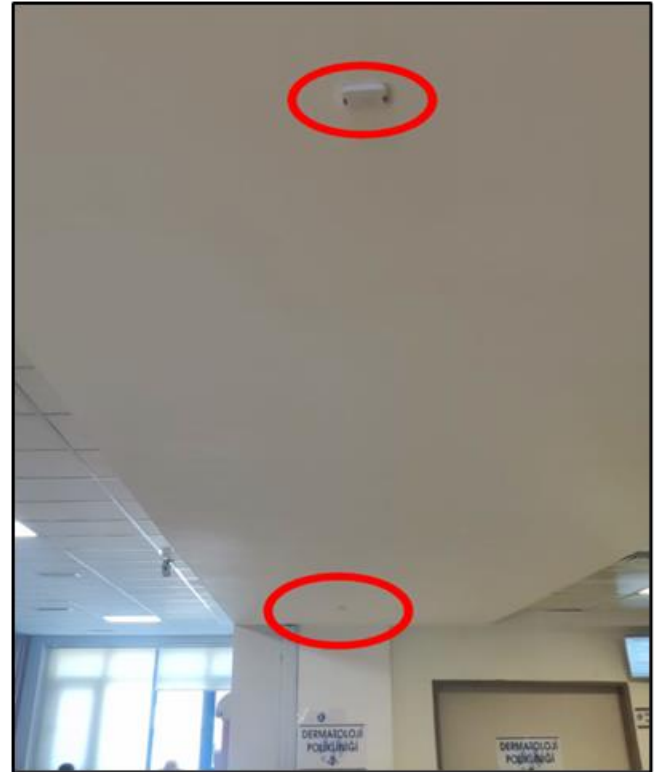
Çalışmada tasarlanan haritalar üzerinde Beacon'lar Proximity algoritmasına göre genel olarak 10 m aralıklı yerleştirilmiştir. Proximity algoritması için belirlenen 10 m aralık değeri ortam şartlarında test edilerek elde edilmiştir. Sahada sinyal yansımaları, sinyal karışıklığı gibi olumsuz durumlarla karşılaşıldığında Proximity algoritması için belirlenen 10 m aralık değeri, 7 m'ye kadar düşürülmüş veya 12 m'ye kadar artırılarak bu durum aşılmıştır. Bir başka çözüm yolu olarak da Beacon cihazının yeri değiştirilmiştir. Ancak değiştirilen Beacon cihazının konumundan kullanıcı sinyal aldığı yazılım müdahalesiyle kullanıcının planlanan konumda gösterilmesi sağlanmıştır. Beacon yerleşim planı örneği [Şekil 7](#)'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Beacon cihazlarının kat yerleşim planı.

Beacon'ların sahada yerleşimi harita üzerinde belirlenen plana göre koridorların tavanına yerleştirilmiştir. Plan üzerinde noktaların coğrafi koordinatları belirlenmiş ve belirlenen noktalara Beacon cihazları sabitlenmiştir. Beacon cihazlarının yerleşim örneği [Şekil 8](#)'de gösterilmiştir.

Sahadaki Beacon cihazlarının yerleştirilmesi Bluetooth uyumlu akıllı telefonlarla denenecek yapılmıştır.



Şekil 8. Beacon cihazlarının saha yerleşimi.

2.5. En kısa yol algoritması

Bu çalışmada kullanıcıların en kısa yoldan gidecekleri yere ulaşması için Dijkstra algoritması kullanılmıştır. Dijkstra algoritması Hollandalı matematikçi ve bilgisayar bilimcisi Edsger Wybe Dijkstra tarafından 1956 yılında

tasarlanmıştır. Algoritma başta yönlendirme olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Dhulkefi ve ark, 2020). Dijkstra tarafından 1959 yılında yayınlanan algoritma ağırlıklı ve yönlü graflar için geliştirilmiştir. Bir noktadan bir noktaya geçerken en iyi yerel çözümü sunan Greedy yaklaşımı ise (mümkün olan ve sonuca en yakın seçim) en kısa yolun belirlenmesinde kullanılır. En kısa yolun belirlenmesinde tüm seçenekler için yapılan iterasyonun her adımında bir sonraki noktaya ilerleme işleminde Greedy yaklaşımı ön plandadır (Dijkstra, 1959). Dijkstra algoritması birçok en kısa yol algoritmasına göre daha doğru ve kesin sonuçlar vermektedir. Ayrıca döngülü ve döngüsüz tüm yollara uygulanabilmektedir (Özdemir ve ark., 2021). Dijkstra algoritmasının genel içeriği Algoritma 1’de gösterilmiştir.

Algoritma 1. Dijkstra Algoritması (URL-3).

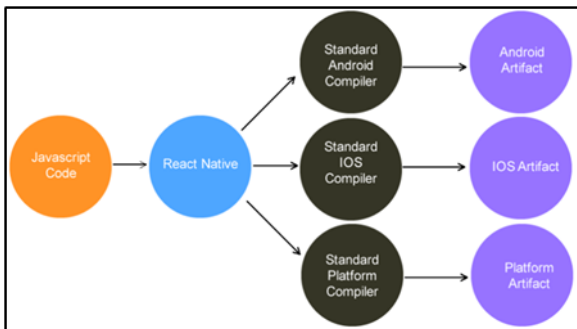
```

1 function Dijkstra(Graph, source):
2
3   for each vertex v in Graph.Vertices:
4     dist[v] ← INFINITY
5     prev[v] ← UNDEFINED
6     add v to Q
7   dist[source] ← 0
8
9   while Q is not empty:
10    u ← vertex in Q with min dist[u]
11    remove u from Q
12
13    for each neighbor v of u still in Q:
14      alt ← dist[u] + Graph.Edges(u, v)
15      if alt < dist[v]:
16        dist[v] ← alt
17        prev[v] ← u
18
19  return dist[], prev[]

```

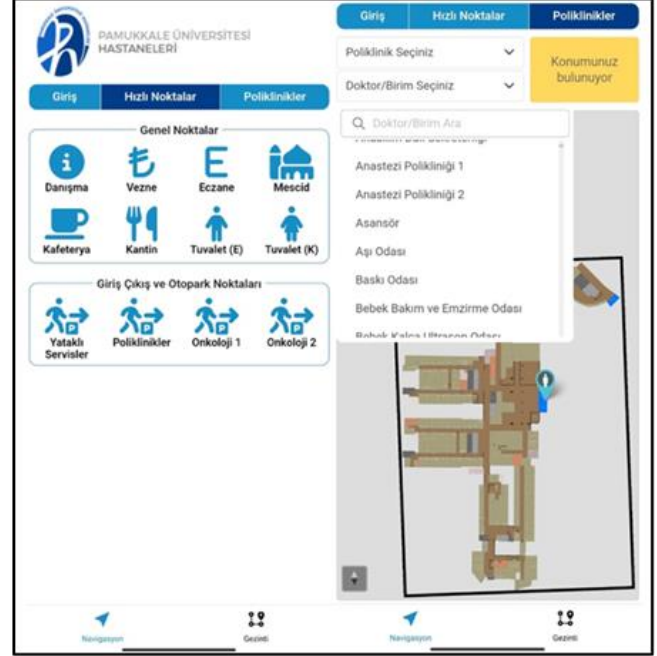
2.6. Mobil uygulama

Çalışmada, navigasyon yazılımı ile ilgili Android ve iOS tabanlı işletim sistemlerinde kullanılabilen bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Mobil uygulama hem Android hem de iOS işletim sistemleri ile uyumlu uygulamaların yazılabileceği JavaScript tabanlı bir platform olan React Native’de yazılmıştır. Açık kaynak kodlu ve geliştirilmeye açık olması React Native için önemli özelliklerdendir (Gülcüoğlu ve ark., 2021; URL-4; URL-5). React Native tasarım şeması Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. React Native Tasarım Şeması (URL-6).

Mobil uygulamanın kullanımı için akıllı telefonun internet bağlantısı, bluetooth bağlantısı ve konum bilgisi açık olmalıdır. Kullanıcılar tuvalet, kafeterya, kantin gibi hızlı noktaları direkt seçebilecek bir ara yüze sahip olmakla birlikte gideceği poliklinik birimini seçip aratabileceği bir ara yüze de sahiptir. Şekil 10’da mobil uygulamanın arayüzü gösterilmiştir.



Şekil 10. Mobil uygulama arayüzü.

3. Bulgular

Çalışmada çok katlı kapalı alanlar için tasarlanan navigasyon uygulaması test edilmiştir. Testlerde kullanıcıların hedefe ulaşma ön planda tutulmuştur. Ayrıca çalışmada hasta ve hastane koşulları da dikkate alınarak hız ve zaman parametreleri değerlendirilmemiştir. Bu nedenle en kısa yol algoritmasında sadece uzaklık dikkate alındığı için simülasyon sonuçları ile saha testleri örtüşmüştür. Test aşamasında aynı kat içerisinde hedefe ulaşma, farklı katlar içerisinde hedefe ulaşma, koridor dışında Beacon’lardan alınan sinyallerde kesiklik oluşması durumunda hedefe ulaşma gibi durumlar test edilmiştir. Ayrıca test için belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki konum değişiklikleri de gözlemlenmiştir. Bu kriterler göz önünde bulundurularak 20 başlangıç ve hedef noktası belirlenmiştir. Genel olarak Beacon yerleşimlerinin koridor içerisinde 10 m aralıklı olmasından ve Proximity algoritmasının yapısından dolayı yapılan testlerde kullanıcı hedefe $\pm 5 m$ kadar ulaştıysa başarılı kabul edilmektedir. Kullanıcı hedefe ulaşmış ancak nokta geçişlerinde sorun yaşamışsa kısmen başarılı kabul edilmektedir. Kullanıcı belirlenen hedefe ulaşamadıysa başarısız kabul edilmektedir. Navigasyon test örneği Şekil 11’de gösterilmiştir.

Test aşaması Beacon’lardan yayılan Bluetooth sinyallerini alabilen ve tasarlanan uygulamayı görüntüleyebilen akıllı bir mobil telefonla gerçekleştirilmiştir. Başlangıç noktası ile hedef nokta arasındaki mesafe ortalama bir hızda (5 km/saat)

geçilerek test edilmeye çalışılmıştır. Test sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.



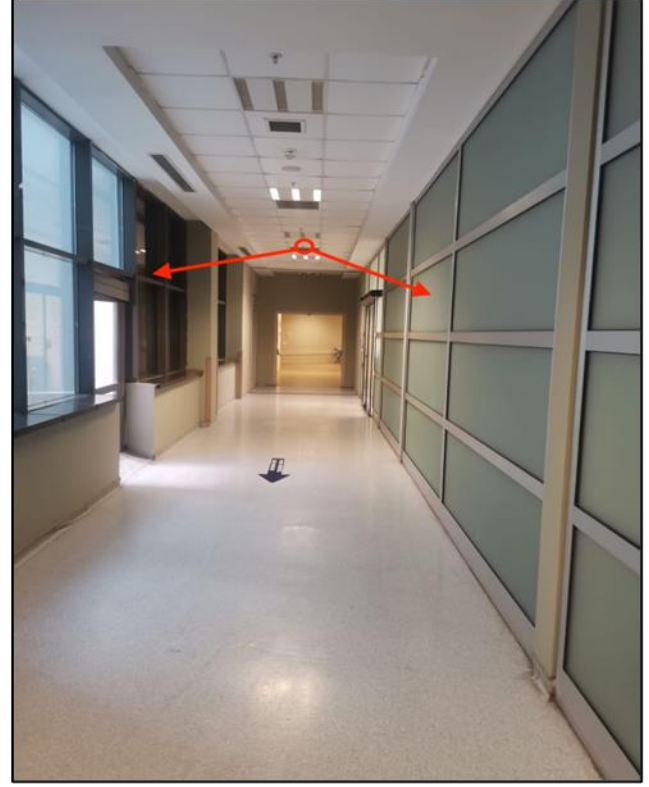
Şekil 11. Navigasyon test örneği.

Tablo 1. Test sonuçları.

Test No	Aynı Kat	Farklı Kat	Test Edilen Konum Sayısı	Başarı Durumu
1	•		12	Başarılı
2	•		14	Kısmen Başarılı
3	•		11	Başarılı
4	•		11	Başarılı
5	•		9	Başarılı
6		•	12	Başarılı
7		•	4	Başarılı
8		•	6	Başarılı
9		•	13	Başarılı
10		•	18	Başarılı
11		•	5	Başarılı
12		•	22	Başarılı
13		•	6	Kısmen Başarılı
14		•	4	Başarılı
15		•	24	Başarılı
16		•	24	Başarılı
17		•	22	Başarılı
18		•	5	Başarılı
19		•	9	Başarısız
20		•	21	Başarılı

Tablo 1 incelendiğine yapılan 20 test içerisinde 17 testin başarılı 2 testin kısmen başarılı ve 1 testinde başarısız olduğu görülmektedir. Kısmen başarılı olan testler irdelendiğinde kullanıcı iki nokta arasında hareket halindeyken hareket yönünde konum değişikliği olması beklenirken bu durum gerçekleşmemiştir. Bunun

yerine kullanıcı tek bir yöne ilerlerken iki nokta arasında değişiklik gösteren konum elde edilmiştir. Bu noktalar sahada gözden geçirildiğinde Beacon konumlarının etrafında sinyal yansıtıcı yüzeylerin olduğu fark edilmiştir. Sinyal yansıtıcı konuma sahip olan Beacon cihazının yeri Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Beacon konumu ve yansıtıcı yüzeyler.

Başarısız olan test incelendiğinde belirli bir noktaya kadar navigasyon uygulamasının sağlıklı çalıştığı ancak bir noktadan sonra konum değişikliği çok geç algılandığı fark edilmiştir. Yürüme hızı da dikkate alındığında konum hatası olduğu görülmüştür. Konum değişikliğinin geç algılandığı noktadaki ortam şartları ve Beacon cihazı incelendiğinde Beacon cihazının sağlıklı çalışmadığı görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada çok katlı kapalı alanlarda Beacon tabanlı navigasyon uygulaması yapılmış ve test edilmiştir. Yapılan 20 test sonucunda navigasyon uygulamasının hedefe ulaşma açısından 17 başarılı, 2 kısmen başarılı, 1 başarısız olmak üzere %95 başarı sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum çok katlı kapalı alanlarda Beacon tabanlı mobil navigasyon uygulamasının kullanılabilirliği göstermiştir. Hastane gibi bu tip kapalı alanlarda Beacon tabanlı yapılacak navigasyon uygulamalarında bu çalışmanın sonucu olarak aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

- 1- Bu tip büyük kapalı alanlarda, kat planlarından harita elde edilmesi zaman ve maliyet açısından uygun olmakla birlikte kat planlarının gerçekte kapalı alan ile örtüşmediği durumlar oluşmaktadır. Bu tip durumlarda kontrol ölçüsü ve saha kontrolleri yapılmalı ve harita güncel tutulmalıdır.

- 2- Kapalı alanın fiziki şartları baz alındığında konumlandırma algoritması olarak kapalı alanın çok sayıda koridordan oluşması, Beacon saha yerleşimine daha uygun olması, diğer konumlandırma algoritmalarına göre daha basit bir şekilde uygulanıyor olması, konum hassasiyeti bakımından navigasyon uygulamaları için yeterli olması gibi birçok sebepten dolayı Proximity algoritmasının kullanılması önerilmektedir.
- 3- Beacon sinyalleri ortam sıcaklığı, basıncı, yüzeyi gibi birçok durumdan etkilenmektedir. Çok sayıda Beacon sinyali karışarak kullanıcıya gelebilir. Dolayısıyla bu tip büyük kapalı alanlarda Beacon'ların saha yerleşimi dikkatli seçilmelidir.
- 4- Sinyal yansımalarının etkili olduğu yerlerde Beacon'ların saha içindeki konumları değiştirilmeli (aralarındaki mesafe arttırılmalı) sonuç alınmıyorsa o bölgedeki Beacon sayısı azaltılmalıdır.
- 5- Beacon'ların sahadaki yerleşiminden dolayı kullanıcı ilgili Beacon'a yakın olmasına rağmen bazen bu sinyali alamayabilir. Beacon sinyalini güvenli bir şekilde alması için Beacon'lar kapalı alanın tavanına yerleştirilmesi daha uygundur. Ancak tavan yüksekliğinin, standart tavan yüksekliğini (2.5 m-3.5 m) çok fazla aştığı durumlarda Beacon'lar duvara da monte edilebilir.
- 6- Beacon'ların saha yerleşiminde dikkat edilmesi gereken başka bir konu ise kullanıcıların yürüme hızıdır. Belirlenen Beacon saha yerleşim planında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- 7- Sinyal karışıklıkları, ortamın fiziki durumu, planlama hatası vb. durumlarda kapalı alanda Beacon'ın bulunduğu konum ile kullanıcının hedef konumu uyuşmayabilir. Bu tip durumlarda ilgili Beacon'dan sinyal alındığında kullanıcının konum bilgisi (hedef konum) yazılım müdahalesiyle olması gereken yerlerde gösterilmelidir.
- 8- Bu çalışmada üretici firma tarafından sağlanan standart MPower değeri olan -77 kullanılmıştır. Kapalı alanın büyük olması nedeniyle farklı bir MPower ve n değeri hesaplanmamıştır. Burada dikkat edilmesi gereken durum, bu değerlerin değiştirilmesi durumunda kullanıcı ile Beacon'lar arasındaki mesafenin doğruluğunun ve hassasiyetinin değişeceğidir. Bu durum ise Beacon'ların pil ömrünü doğrudan etkilemektedir. Ayrıca Beacon'ların kendi içerisinde homojen konum doğruluğunu da olumsuz etkileyecektir. Benzer çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- 9- Mobil uygulamayı kullanan kullanıcıların Beacon alıcıları (akıllı mobil telefonlar) ve işletim sistemleri farklı olmaktadır. Bu durum uygulamada konum bilgisinin elde etme hızını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla standart bir Beacon alıcısı belirlemek oldukça güçtür. Bu ve buna benzer durumlarda test aşamasını gerçekleştiren kullanıcıların standartlarına yakın bir tasarım yapılması önerilmektedir.
- 10- Bu çalışmada belirli bir datum ve projeksiyonda harita elde edilmiştir. Bu durum kapalı alanlarda yapılacak değişiklikleri haritada güncelleme, Beacon'ların sahada hassas bir şekilde yerleştirme ve veri analizi gibi durumlar için kolaylık sağlamaktadır.

Benzer çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışmada destekleri için Pamukkale Üniversitesi Yönetimine, Pamukkale Hastaneleri Yönetimine, çalışma süresince bizlere yardımcı olan Hastane çalışanlarına ve Üniversite personeli Hasan Eryılmaz'a teşekkür ederiz. Çalışmanın mobil navigasyon uygulamasına <http://nav.pau.edu.tr/> adresinden ulaşılabilir.

Araştırmacıların katkı oranı

Recep Çakır: Literatür taraması, Arazi çalışması, Makale yazımı. **Çağrı Çiçekdemir:** Literatür taraması, Revizyon, Yorumlama. **Serkan Doğanalp:** Revizyon, Düzenleme, Yorumlama.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Allurwar, N., Nawale, B., & Patel, S. (2016). Beacon for proximity target marketing. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 15(5), 16359-16364. <https://doi.org/10.18535/ijecs/v5i5.08>
- Anagnostopoulos, G. G., & Deriaz, M. (2014). Accuracy enhancements in indoor localization with the weighted average technique. *SensorComm*, 2014, 112-116.
- Başçıftçı, F., & İnal, C. (2008). Jeodezide kullanılan bazı koordinat dönüşümlerinin programlanması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23(1), 27-40.
- de Blasio, G., Quesada-Arencibia, A., García, C. R., Molina-Gil, J. M., & Caballero-Gil, C. (2017). Study on an indoor positioning system for harsh environments based on Wi-Fi and bluetooth low energy. *Sensors*, 17(6), 1299. <https://doi.org/10.3390/s17061299>
- Brena, R. F., García-Vázquez, J. P., Galván-Tejada, C. E., Muñoz-Rodríguez, D., Vargas-Rosales, C., & Fangmeyer Jr, J. (2017). Evolution of indoor positioning technologies: A survey. *Journal of Sensors*, 2017(1), 2630413. <https://doi.org/10.1155/2017/2630413>
- de Blasio, G. S., Rodríguez-Rodríguez, J. C., García, C. R., & Quesada-Arencibia, A. (2019). Beacon-related parameters of bluetooth low energy: development of a semi-automatic system to study their impact on indoor positioning systems. *Sensors*, 19(14), 3087. <https://doi.org/10.3390/s19143087>
- Dhulkefl, E., Durdu, A., & Terzioğlu, H. (2020). Dijkstra algorithm using UAV path planning. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 8, 92-105. <https://doi.org/10.36306/konjes.822225>
- Dijkstra, E. W. (2022). A note on two problems in connexion with graphs. In Edsger Wybe Dijkstra: his life, work, and legacy, 287-290. <https://doi.org/10.1145/3544585.3544600>

- Eroğlu, O., & Doğan, M. (2019). Konum tabanlı hizmetler, bluetooth tabanlı iç mekân konumlandırma hizmeti, Antalya İli Örneği. TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Gülcüoğlu, E., Ustun, A. B., & Seyhan, N. (2021). Comparison of flutter and react native platforms. *İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi*, 12(2), 129-143. <https://doi.org/10.34231/iuyd.888243>
- Hüsrevoğlu, M., & Tuşat, E. (2018). İki boyutlu bazı datum dönüşüm yöntemlerinin İncelenmesi. *Geomatik*, 3(1), 22-34. <https://doi.org/10.29128/geomatik.327737>
- İlci, V., Alkan, R. M., Gülal, V. E., & Cizmeci, H. (2015). Trilateration technique for WiFi-based indoor localization. *ICWMC 2015*, 36.
- İlçi, V., Gülal, E., & Alkan, R. M. (2018). An investigation of different Wi-Fi signal behaviours and their effects on indoor positioning accuracy. *Survey Review*, 50(362), 404-411. <https://doi.org/10.1080/00396265.2017.1292672>
- Kajioka, S., Mori, T., Uchiya, T., Takumi, I., & Matsuo, H. (2014). Experiment of indoor position presumption based on RSSI of Bluetooth LE beacon. 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 337-339. <https://doi.org/10.1109/GCCE.2014.7031308>
- Khudhair, A. A., Jabbar, S. Q., Sulttan, M. Q., & Wang, D. (2016). Wireless indoor localization systems and techniques: survey and comparative study. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 3(2), 392-409. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v3.i2.pp392-409>
- Kohne, M., & Sieck, J. (2014). Location-based services with iBeacon technology. 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation, 315-321. <https://doi.org/10.1109/AIMS.2014.58>
- Konakoğlu, B., & Gökalp, E. (2016). A study on 2D similarity transformation using multilayer perceptron neural networks and a performance comparison with conventional and robust outlier detection methods. *Acta Montanistica Slovaca*, 21(4), 324-332.
- Nagah Amr, M., ELAttar, H. M., Abd El Azeem, M. H., & El Badawy, H. (2021). An enhanced indoor positioning technique based on a novel received signal strength indicator distance prediction and correction model. *Sensors*, 21(3), 719. <https://doi.org/10.3390/s21030719>
- Özdemir, S., Sacar, Ö., & Özcan, E. (2021). Dijkstra algoritması kullanılarak ipek yolu koridorları arasında en kısa ulaştırma güzergâhının belirlenmesi. *Demiryolu Mühendisliği*, (13), 97-105. <https://doi.org/10.47072/demiryolu.811572>
- Heydon, R. (2013). *Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook*. Prentice Hall.
- Siekkinen, M., Hiienkari, M., Nurminen, J. K., & Nieminen, J. (2012). How low energy is bluetooth low energy? comparative measurements with zigbee/802.15. 4. IEEE wireless communications and networking conference workshops (WCNCW), 232-237. <https://doi.org/10.1109/WCNCW.2012.6215496>
- Sung, Y. (2016). RSSI-based distance estimation framework using a Kalman filter for sustainable indoor computing environment. *Sustainability*, 8(11), 1136. <https://doi.org/10.3390/su8111136>
- URL-1: https://store.kontakt.io/app/uploads/2021/07/Kontakt.io_-Asset-Tag_Technical-Specification.pdf
- URL-2: <https://www.npmjs.com/package/react-native-kontaktio>
- URL-3: https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm
- URL-4: <https://reactnative.dev/>
- URL-5: <https://engineering.fb.com/2015/03/26/android/react-native-bringing-modern-web-techniques-to-mobile/>
- URL-6: <https://hackernoon.com/understanding-react-native-bridge-concept-e9526066ddb8>
- Vadivukkarasi, K., & Kumar, R. (2020). Investigations on real time RSSI based outdoor target tracking using kalman filter in wireless sensor networks. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(2), 1943-1951. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i2.pp1043-1951>
- Wang, Y., Yang, X., Zhao, Y., Liu, Y., & Cuthbert, L. (2013). Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods. 10th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 837-842. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2013.6488558>



© Author(s) 2024. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>