Dicle University Journal of Engineering (DUJE)
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Araştırma Makalesi / Research Article

RSSI Sinyalleri Kullanarak İç Ortamda Parmak İzi Tabanlı YSA ile Konum Tespitinin Gerçekleştirilmesi

Implementation of Location Determination with Fingerprint Based ANN in Indoor Environment Using RSSI Signals

Ayşe TEKBAŞ[1], Taner TUNCER[2,*], Ebubekir ERDEM[3]

[1]Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Elazığ, Türkiye.
[1]https://orcid.org/0000-0002-8337-6059, [2]https://orcid.org/0000-0003-0526-4526, [3]https://orcid.org/0000-0001-7093-7016
ayseyesari@gmail.com.tr; ttuncer@firat.edu.tr, aberdem@firat.edu.tr

MAKALE BİLGİLERİ

Makale geçmişi:

Geliş: 21 Şubat 2020
Düzeltme: 3 Nisan 2020
Kabul: 4 Nisan 2020

Anahtar kelimeler:
RSSI, Konum Tespiti, Parmak İzi Algoritması, Sensör Düğüm

ÖZET

Açık alanlarda konum tespiti doğru bir şekilde GPS(Global Positioning System) sistemleri vasıtasıyla elde edilebilmektedir. Ancak GPS sistemleri kapalı ortamlarda konum bilgisini hassas bir şekilde ölçememektedir. İç ortamlarda konum tespiti için özel ağ sistemleri tasarlanmaktadır. Bu makalede, kapalı bir ortamda konumlandırılmış sensörler yardımıyla ortamın parmak izi RSSI sinyalleri yardımıyla çıkartılmış ve sensör düğüm konumları YSA kullanılarak tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamada 2 senaryo kullanılmıştır. İlk senaryo boş bir ofis ortamında, ikinci senaryo ise insanların ve çeşitli nesnelerin olduğu bir ofis ortamında gerçekleştirilmiştir. Sensör düğümlerin gerçek ve tahmini konumları ölçüldüğünde hesaplanan hatanın literatüre göre kabul edilebilir olduğu görülmüştür. İlk senaryo için konum tespiti ortalama 18,2 cm hata ile ikinci senaryoda ortalama 24,2 cm hata ile tespit edilmiştir. Önerilen algoritma ve uygulama doğruluk ve güvenilirlik açısından mevcut tekniklerle paralel sonuçlar üretmektedir.

Doi: 10.24012/dumf.692444

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 21 February 2020
Revised: 3 April 2020
Accepted: 4 April 2020

Keywords:
RSSI, Location Detection, Fingerprint Algorithm, Sensor Node

ABSTRACT

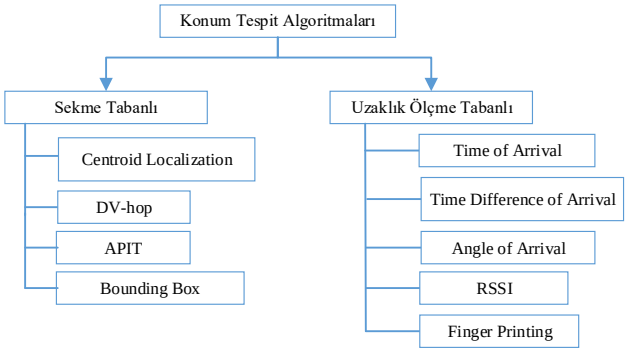
Location determination in outdoor areas can be obtained accurately through GPS (Global Positioning System) systems. However, GPS systems cannot accurately measure location information in indoor environments. Special network systems are designed for location determination in indoor environments. In this article, the fingerprint of the environment was obtained by means of the sensors located in an indoor environment and the sensor node locations were determined using ANN. In the fingerprint method, the signal strength of each reference point in the indoor environment, also called the fingerprint, is measured and the fingerprints of the reference points are collected beforehand and stored in a database. Then, signals measured from any location in location detection are matched with previously collected fingerprints. Machine learning algorithms are often used for this mapping. In this article, location determination was carried out by means of ANN based fingerprint algorithm according to RSSI values obtained from grid points of 0.5x0.5m^2 in a indoor environment of 5x8 m^2. The method was applied for 2 scenarios. In the first scenario, closed environment is empty, and in the second scenario, an environment with various objects and human mobility is used. In the first scenario, there is no object and human mobility in the indoor environment. RSSI value was measured 10 times in each of the 25 randomly determined coordinates. The average values of the RSSI value at any point were calculated and given as an introduction to the ANN model. The distance between the estimated coordinate obtained from the output of the ANN and the actual position is the estimated error. In this scenario, the total error for 25 points is 455 cm and the average error was 18.2 cm. In the second scenario, an environment with office materials and human mobility is used. As in the first scenario, measurements were made from a total of 25 coordinates. The average RSSI measurements were given to the ANN input and the estimated coordinates were determined. Total error 605 cm average error 24.2 cm was obtained.The proposed algorithm and application produce parallel results with current techniques in terms of accuracy and reliability. The method can be improved by taking into consideration suggestions such as optimizing ANN, fingerprint step, choosing smaller environment grids and making more measurements, and location error can be reduced to minimum levels.

* Sorumlu yazar / Correspondence
Taner TUNCER
✉ ttuncer@firat.edu.tr

Please cite this article in press as E. Tekbas, T. Tuncer, E. Erdem, "RSSI Sinyalleri Kullanarak İç Ortamda Parmak İzi Tabanlı YSA ile Konum Tespitinin Gerçekleştirilmesi", DUJE, vol. 11, no.3, pp. 925-931, September 2020.

Giriş

GPS teknolojisi ile konum tespiti kapalı ortamdaki engellerden dolayı doğru bir şekilde yapılamamaktadır. Kapalı ortam konumlandırma problemini çözmek ve GPS sisteminin dezavantajlarından kurtulmak için, son yıllarda birçok teknik geliştirilmiştir[1, 2, 3]. Bunlar kapalı ortam konum tespit yöntemleri sekme zamanlı (Range free) tabanlı ve Uzaklık ölçme (Range based) tabanlı olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Sekme zaman tabanlı konum tespit yöntemlerinde düğümler arası iletişim kurulabilmesi ilkesi geçerlidir. Şekil.1 Konum tespit yöntemlerinin sınıflandırılmasını göstermektedir.



Şekil.1 Konum Tespit Yöntemleri

Single Hop, Multi hop gibi algoritmalar Sekme zaman tabanlıdır. Uzaklık ölçme tabanlıda algoritmalarda iki düğüm arasındaki sinyal gücü ya da düğümler arası iletişim zamanı veya düğümler arasındaki açı gibi fiziksel büyüklükler kullanılır. İletim Zamanı (TOA, Time of Arrival), İletim zaman farkı (TDOA, Time Difference of Arrival), Geliş Açısı (AOA, Angle of Arrival), Gelen Sinyal gücü (RSSI, Received Signal Strength Indicator) ve Parmak izi (Finger Printing) algoritmaları uzaklık ölçme tabanlıdır[4, 5]. RSSI tabanlı konum tespitinde amaç sinyal gücü belli verici işaretinin alıcı tarafında ne şiddetle ölçüldüğüdür. Alınan sinyal gücünün ne kadar mesafede ne kadar bir kayba uğradığı bilgisi önemlidir ve sinyalin büyüklüğü alıcı-verici arasındaki mesafe ile orantılıdır. Bu yöntemde konum tespiti yapmak için en az 3 düğüm gerekli olup 3 düğüm ile oluşturulacak geometrik düzlemin kesişimi konum bilgisini verir. Parmak izi yönteminde, kapalı ortamdaki her referans noktasının, parmak izi olarak da adlandırılan sinyal gücü ölçülerek referans noktalarının parmak izleri önceden toplanır ve bir veri tabanında saklanır [6, 7]. Ardından, konum tespitinde herhangi bir konumdan ölçülen sinyaller önceden toplanmış parmak izleriyle eşleştirilir. Bu eşleştirme için genellikle makine öğrenmesi algoritmaları kullanılır. Bu yaklaşım altyapıdan bağımsız ancak yoğun emek ister. Ayrıca, bu sistem normalde benzer parmak izi, eksik değer ve gürültülü RSSI değeri gibi sorunlardan muzdarip olduğu için düzgün bir yer tahmini sağlayamaz. Wu ve ark. benzer parmak izlerini ayırt etmek, çoklu olasılık tahminlerini modellemek ve PF'nin (Particle filter) performansını artırmak için tek gizli katman ileri besleme ağları (SLFN, single-hidden layer feed-forward networks) kullandılar. Bu arada yakınsama süresini azaltmak için RANSAC (Ranos Sample Consensus) kullanan yeni bir başlatma algoritması sunulmuştur. Önerilen algoritmanın performansını belirlemek için deneysel ölçümler yapılmıştır. Sonuçlar, önerilen şemanın konumlandırma hatasının, 1.2 m'den daha düşük bir seviyeye düştüğünü göstermektedir [8]. Bir başka çalışmada, sinyal gücü ölçümleri RSSI' ya dayalı olarak kapalı ortam konumlandırması için parmak izi problemi ele alınmıştır. Bulanık mantığa dayalı yeni bir yaklaşım ortaya konmuştur. Öneri, sinyal uzayında k-en yakın komşu sınıflandırmasını kullanmaktadır. Daha sonra hedef düğümün konumlandırması, en yakın parmak izlerinin ağırlıklı bir kombinasyonu olarak belirlenmiştir. Ağırlıklar iki girişli Takagi – Sugeno bulanık kontrolör kullanılarak belirlenmiştir. Konum tahmininin doğruluğunu arttırmak için k-en yakın komşu tabanlı yeni bir iyileştirme önerilmiş böylece tahmin algoritmasının performansı, diğer alternatif yaklaşımlarla karşılaştırıldığında hem Monte Carlo simülasyonları hem de gerçek test senaryolarına göre başarılı elde edilmiştir [9]. Booranawong ve ark. çalışmalarında insan hareketliliğinin bulunduğu kapalı ortam konumlandırma sistemi ile insan hareketlerinin doğruluğu nasıl etkilediği deneylerle araştırılmış ve böyle bir araştırma problemini doğrudan ele almak için kılavuz çözüm olarak basit bir RSSI filtreleme çözümü sunulmuştur. Min-Max yönteminde ortalama olarak lokalizasyon hatası ve standart sapma sırasıyla % 11.921 ve % 42.086 oranında, trilaterasyon yöntemi durumunda ise sırasıyla % 44.535 ve % 87.154 oranında azalmaktadır [10]. Fang ve ark. gürültülü ortamlarda son teknoloji ürünü konumlandırma algoritmasının hesaplama sonuçlarını iyileştirmede etkili olan yenilikçi uyarlanabilir parmak izi Kalman filtresine (AFKF, Adaptive Fingerprint Kalman Filter) dayanan WSN' ler (Wireless Sensor Networks) için gürültüye duyarlı parmak izi yerelleştirme algoritması önerdiler. Bu yeni AFKF, bir Kalman filtresi (KF), bir gürültü kovaryans tahmincisi (NCE, Noise Covariance Estimator) ve bir parmak izi Kalman filtresi (FKF, Fingerprint Kalman Filter) içermektedir. Model, RSSI-mesafe modeli oluşturulamayan ve bilinmeyen veya zamanla değişen gürültüye sahip ortamlarda kullanılabilir. Önerilen algoritma, yaygın olarak uygulanan parmak izi konumlandırma algoritmalarının doğruluğunu en az % 50 oranında artırmaktadır [11]. Kanaris ve ark. parmak izi tabanlı konumlandırma sistemlerinin objektif performans değerlendirmesi için gereken minimum konumlandırma verilerinin örneklem büyüklüğünü hesaplayan bir algoritma önerdiler. Doğru, bağımsız, tarafsız ve temsili bir örneklem büyüklüğünün kullanılması, parmak izi tabanlı bir konumlandırma sisteminin eğitim, değerlendirme ve kalibrasyon prosedürlerini hızlandırarak sistemin gerçek doğruluğunun elde edilmesini sağlar. Önerilen Örnek Boyut Belirleme Algoritması (SSDA, Sample Size Determination Algorithm) istenen güven seviyesini, küçük boyutlu bir ön numunenin sonuçta ortaya çıkan standart sapmasını ve sistemin gerçek hatasına ilişkin hata yaklaşımını dikkate almaktadır. Önerilen algoritmanın performansı hem ölçülen hem de simüle edilen radyo haritalarında test edilmiştir [12]. Haque ve ark. düşük maliyetli düşük güçlü altyapı düğümleri kullanılarak bir iç mekan konumlandırma sistemi olan LEMON'u (Location Estimation by Mining Oversampled Neighborhoods) tasarladılar. Kapsamlı deneyler, LEMON'un iyi doğruluk sağladığını göstermektedir. Bu nedenle, yöntemin bir kişinin veya bir nesnenin iç mekânda konumlandırılması için çözüm olduğu sonucuna varılmıştır [7]. Ngo ve ark. parmak izi temelli iç mekân konumlandırma performansını artırmak için yeni bir yaklaşım önerdiler. Yaklaşım, dışbükey optimizasyon

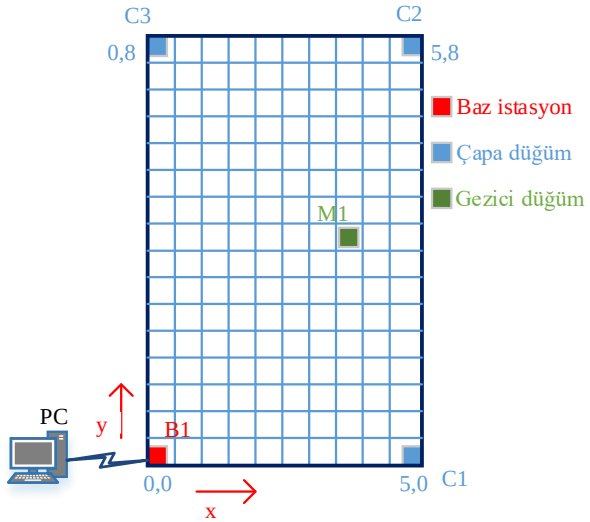
yoluyla ilk adımda alınan sinyal gücünde ciddi değişimin en aza indirildiği ve daha doğru bir yer tahmin etmek için uzaktan metrik öğrenmenin kullanıldığı iki aşamalı bir prosedürdür. Önerilen sistemin doğruluk ve güvenilirlik açısından mevcut tekniklerden daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir [13] Rajesh ve ark. parmak izine dayalı konumlandırma için Gauss süreç gerilemesi (GPR) önerdiler. Önerilen algoritmanın performansı, gerçek alan dağıtımları kullanılarak doğrulanmış Horus parmak izi yaklaşımına kıyasla iki bölgede % 10 ve % 30 doğrulukta iyileşmeler elde edilmiştir [14].

Bu makalede 5x8 m^2'lik kapalı bir ortamda 0.5x0.5 m^2'lik grid noktalarından elde edilen RSSI değerlerine göre YSA tabanlı parmak izi algoritması yardımıyla konum tespiti gerçekleştirilmiştir. Yöntem 2 senaryo için uygulanmıştır. İlk senaryoda kapalı ortam boş ikinci senaryoda çeşitli nesne ve insan hareketliliğinin olduğu bir ortam kullanılmıştır. Kapalı ortamda konum tespiti için makale aşağıdaki gibi organize edilmiştir.

Öncelikle uygulama ortamı özellikleri ve Parmak izi algoritması sunulmuştur. Sonraki bölümlerde Parmak izi tabanlı konum tespiti için ağın tasarlanma adımları verilmiştir. Daha sonra uygulama sonuçları ve literatür karşılaştırmaları verilmiş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Uygulama ortamı

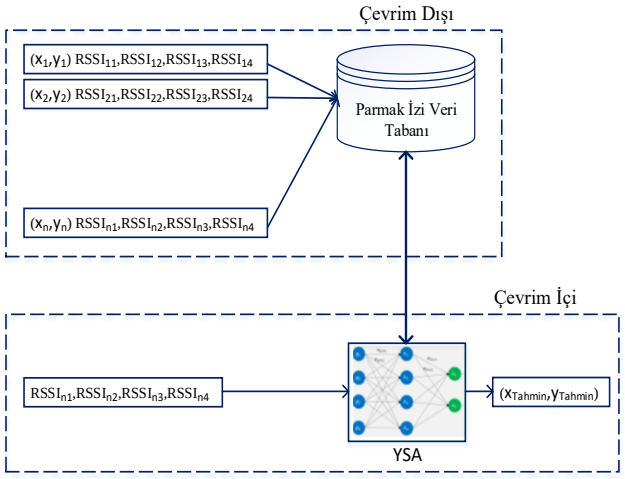
Bu makalede kapalı bir alan içerisindeki hareketli bir sensör düğümünün konumu parmak izi yöntemiyle tespit edilmektedir. Uygulama ortamı olarak 5x8 m^2'lik bir kapalı alan kullanılmıştır. Kapalı alanın her bir köşesine çapa düğümler yerleştirilmiş olup, (0,0) noktası baz istasyon olarak belirlenmiştir. Diğer çapa düğümlerin koordinatları (5m,0m) , (5m,8m) ve (0m,8m) dir. Şekil.2, 5x8m^2'lik uygulama ortamının 0.5x0.5m^2'lik gridlere bölünmüş halini göstermektedir.



Şekil.2 x-y düzleminde kapalı ortam koordinatları, sensör ve çapa düğüm konumları

Parmak İzi Algoritması

Parmak izi konumlandırma teknolojisi, ortamın modellenmesine dayanan en popüler konumlandırma teknolojilerinden biridir. Parmak izi konumlandırma teknolojisi esas olarak sinyali iz olarak kullanır. Her bir konumdan ölçülen sinyal gücü RSSI' nin bir veri tabanına kaydedilmesi ile oluşturulan parmak izi, herhangi bir konumda bulunan gezgin düğüm ve çapa düğümler arasında ölçülen sinyal kuvvetleriyle eşleştirme yapılır. Bu teknikte, ilk olarak, kapalı alan, koordinatların bilindiği gridlere bölünür. Ardından, her bir grid için tüm çapa düğümler ile gezgin düğümler arası ölçülen RSSI değerleri baz istasyonu üzerinden bir veri tabanına kaydedilir. RSSI haritası bu aşamada oluşturulur. Oluşturulan bu veri tabanı parmak izi olarak adlandırılır. İki adımlı süreçten oluşan parmak izi algoritmasının şematik gösterimi Şekil.3'de gösterilmektedir.



Şekil.3 Parmak izi algoritmasının şematik gösterimi

Şekil.3'de çapa düğümlerden elde edilen RSSI ve konumların veri tabanında saklanması gösterilmiştir. Bu süreç çevrim dışı gerçekleştirilir. İkinci olarak herhangi bir konumda bulunan ve konumu tespit edilecek sensör düğüm ve çapa düğümler arası yapılan iletişimle elde edilen RSSI' lar parmak izi algoritmasına girdi olarak verilir. Algoritmanın çıkışından elde edilen sonuç sensör düğümün tahmini konumudur. Bu süreç çevrim içi olarak adlandırılır.

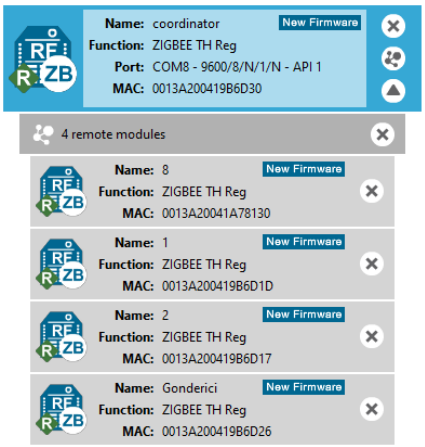
Parmak izi tabanlı konum tespiti ve ağın tasarlanması

Şekil.2 de gösterilen alanda konum tespit sistemini gerçekleştirmek için 2 aşamalı bir süreç izlenmiştir. Bu süreçler çevrim içi ve çevrim dışı çalışmadır. Uygulama alanının köşelerine 3 adet çapa (C1,C2,C3), 1 adet baz istasyon düğümü (B1) ve uygulama ortamının herhangi bir koordinatına yerleştirilmiş ve konumu tespit edilecek bir hareketli düğüm(M1) yerleştirilmiştir. Bu düğümlerde Zigbee haberleşme modülü olarak, digi firmasının XBee modülleri seçilmiştir. Şekil.4'de 9 voltluk güç kaynağı, arduino ve XBee modülden oluşan çapa düğümlerden biri görülmektedir.

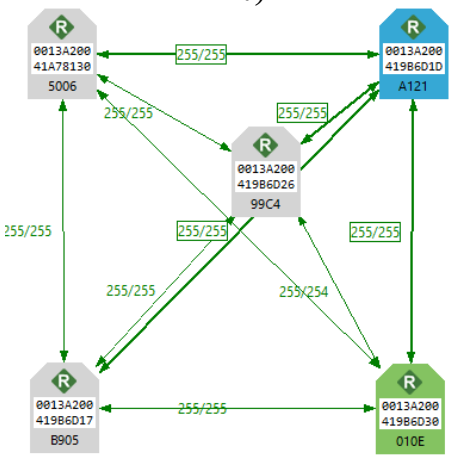
Şekil.5.a ve 5.b' de, sensör düğümlerin konfigüre edilmesi için kullanılan XCTU aracında 5 düğümün haberleştirilmesi gösterilmiştir. MAC adresi 0013A20086030 olan düğüm baz istasyonu, 0013A200419B86D26 hareketli düğümü diğerleri ise çapa düğümleri göstermektedir.



Şekil 4. Çapa sensör düğümü



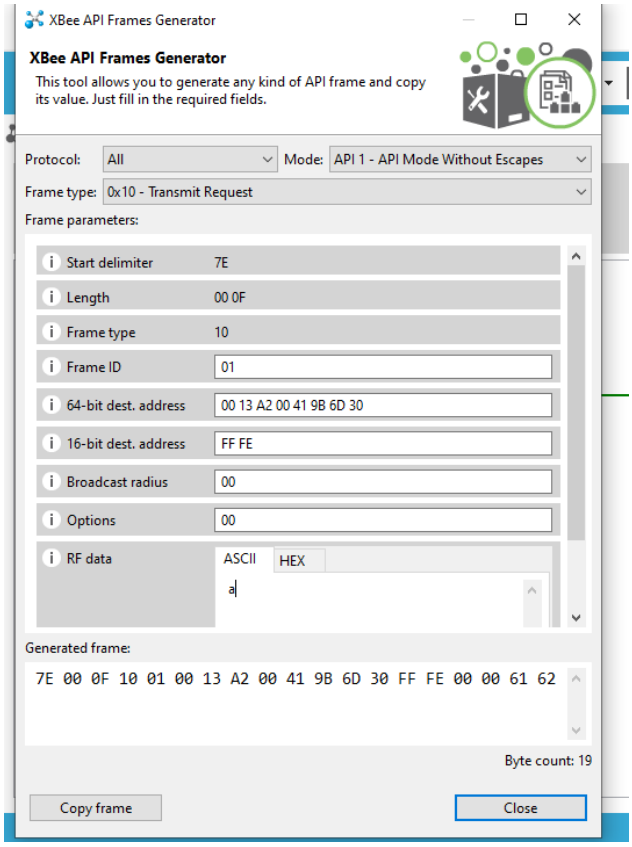
a)



b)

Şekil.5 XCTU aracında sensör düğümlerin haberleşmesinin görünümü

C_1, C_2, C_3, B_1 ve M_1 olarak isimlendirilen düğümlerin elektronik kontrol kartı olarak programlama kolaylığı, zengin kütüphane desteği nedeniyle arduino uno elektronik kartı seçilmiştir. Bu kartlar sayesinde, XBee modüllere gelen veriler okunabilir ve aynı şekilde seri haberleşme ile XBee modüller üzerinden istenen veri bir başka XBee modüle iletilebilmektedir. Arduino uno, XBee modülü ve uygun bir güç kaynağı ile oluşturulan C_1, C_2, C_3, B_1 düğümlerin asli görevi, hareketli düğümden gelen sinyalin RSSI değerini hesaplayıp, bu değeri hareketli düğüme iletmektir. M1 düğümünün görevi ise çapa ve baz istasyondan gelen RSSI değerlerini baz istasyona göndermektir. Baz istasyon ise RSSI'ları USB üzerinden PC'ye göndermektedir. Çapa düğümlerde kullanılan XBee modüllerde API modu aktif ve API çıkış modu ise "native" olacak şekilde Digi firmasının XCTU konfigürasyon yazılım aracı ile ayarlanmıştır. Bu ayarlamaların amacı XBee modüllere gelen veri paketlerini direk olarak arduino kontrol kartına, UART seri port üzerinden iletmektir. Arduino'ya UART üzerinden veri paketi iletildiği zaman arduino, XBee modüle "DB" AT komutu göndererek RSSI değerini hesaplaması emrini verir. XBee modül bu komutun gereğini yerine getirerek, Arduino'ya hesapladığı RSSI değerini iletir. Arduino data olarak RSSI değerini, adres olarak ise baz istasyon olan M1'in adresini içeren bir veri paketi oluşturarak C_1'in XBee modülüne iletir. C1, M1'e M1'de RSSI değerini baz istasyona gönderir. Şekil.6 kullanılan bir paket yapısını göstermektedir.



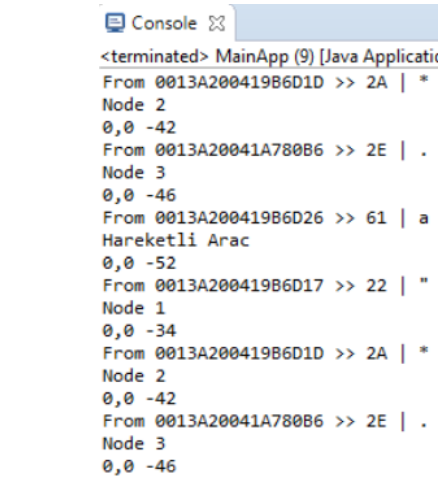
Şekil.6 Koordinatör için kullanılan paket yapısı

Uygulama Sonuçları

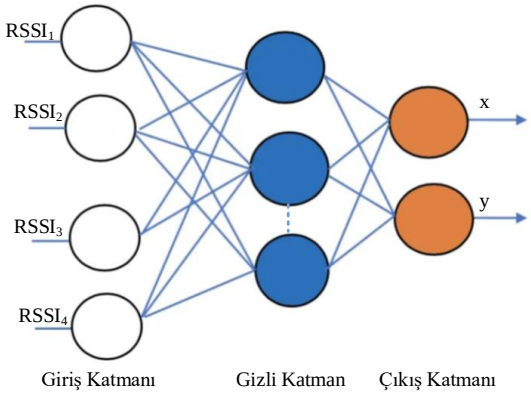
Kapalı alanın her bir koordinatında hareketli düğüm (M_1) 5 sn boyunca 10 kez içeriği önemsiz bir veri paketini çapa ve baz istasyona göndermektedir. Paketi alan sensör düğümler RSSI değerini elde ederek M1 düğümüne göndermektedir. Hareketli düğüm her bir sensör düğümden elde ettiği RSSI değerlerini PC'ye kaydedilmek üzere baz istasyona göndermektedir. Algoritma.1 baz istasyonu için gerçekleştirilen algoritmanın sözde kodunu vermektedir.

Sözde kodu verilen algoritma ile oluşturulan parmak izi çevrim dışı süreç olarak adlandırılır. Şekil.7.a baz istasyon tarafından veri tabanına kaydedilecek RSSI değerlerini göstermektedir. Çevrim içi sürecin gerçekleştirilmesi ve

konum tespiti yapmak için bu makalede ortamın öğrenilmesi amacıyla 3 katmanlı YSA mimarisi kullanılmıştır(Şekil.7.b). Kapalı ortamın tüm koordinatlarından elde edilen ve veri tabanına kaydedilen RSSI değerleri YSA'nın girişlerini, koordinatlar çıkışları oluşturmak üzere eğitim gerçekleştirilir. 3 katmanlı YSA'nın ara katmanı 20 nörondan oluşmakta olup Levenberg Marquad eğitim algoritması kullanılmıştır. Eğitim sonucunda herhangi bir konumda bulunan hareketli düğümün çapa düğümler ile iletişimi sonucunda ölçülen ve baz istasyon tarafından PC'ye iletilen RSSI' lar YSA girişlerine verilir. YSA çıkışı tahmini konumdur.



a)



b)

Şekil.7 a) Ölçülen RSSI değerleri b) 3 Katmanlı YSA Mimarisi

Algoritma.1 Baz istasyonu için sözde kodu

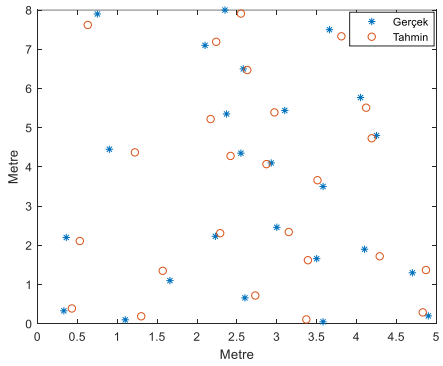
Adım1: *Başla*
Adım2: *İletişim parametreleri belirle (Port ve Baud Rate gibi).*
Adım3: *Port ve Gönderim hızı için nesne oluştur.*
Adım4: *Alma/gönderme sınıflarını kullan.*
Adım5: *M1'den RSSI değerlerini içeren paket alındımı? Hayır ise git* ***Adım5***
Adım6*:*$RSSI_1$, $RSSI_2$, $RSSI_3$, $RSSI_4$ *elde et.*
Adım7*:RSSI'ları USB arabirimine gönder.*
Adım8*:USB üzerindeki veriyi (RSSI değerlerini) FileWriter sınıfı yardımıyla txt uzantılı dosyaya yaz.*
Adım9*: Ağ yöneticisi kontrolü program sonlandır veya* ***Adım5'****e git*

Bu makalede, *x-y* düzleminde konum tespiti iki senaryo ile gerçekleştirilmiştir. İlk senaryoda kapalı ortam da herhangi bir nesne ve insan hareketliliği yoktur. Rasgele belirlenen 25 koordinatın her birinde 10 kez RSSI değeri ölçülmüştür. Herhangi bir noktadaki RSSI değerinin ortalama değerleri hesaplanarak eğitimi tamamlanmış YSA modeline giriş olarak verilmiştir. YSA' nın çıkışından elde edilen (x_t, y_t) tahmini koordinatları göstermektedir. Tahmin edilen koordinat ve gerçek konum arasındaki mesafe, yani hata denklem.1'e göre, toplam hata denklem'2'ye göre hesaplanır. Burada *n* konumu tahmin edilecek koordinat sayısını gösterir. Denklem.3 ortalama hata hesabını gösterir. Burada T_e toplam hatayı, μ_e ortalama hatayı gösterir. Şekil.8.a gerçek ve tahmin edilen koordinatları Şekil.8.b her bir koordinat için hata değişimini göstermektedir. Toplam 25 nokta için toplam hata 455 cm ortalama hata 18.2 cm'dir.

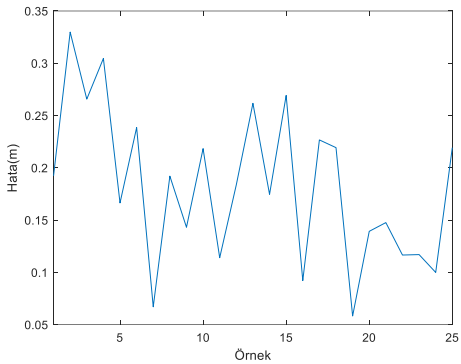
$$e = \sqrt{(x - x_t)^2 + (y - y_t)^2} \quad (1)$$

$$T_e = \sum_{i=1}^{n} e_i \quad (2)$$

$$\mu_e = \frac{T_e}{n} \quad (3)$$



a)



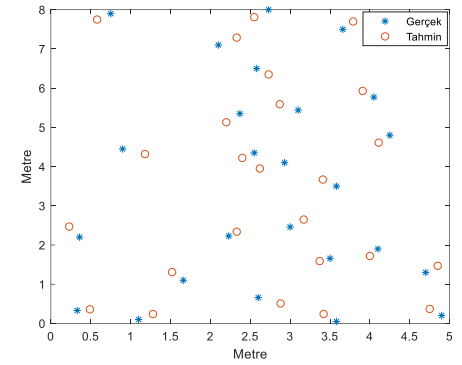
b)

Şekil 8. Kapalı ortam boş iken elde edilen sonuçlar a) Gerçek ve tahmini sensör koordinatları b)Her bir konum için ölçülen hata

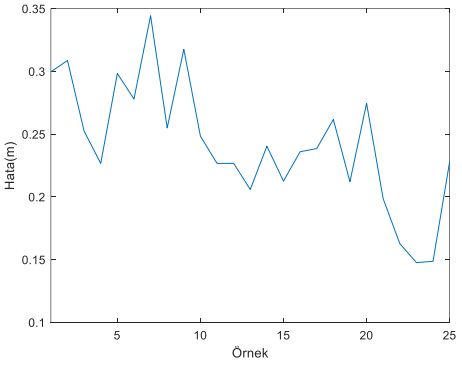
İkinci senaryoda ofis malzemelerinin ve insan hareketliliğin olduğu bir ortam kullanılmıştır. İlk senaryoda olduğu gibi toplam 25 koordinattan ölçümler 5 sn boyunca10 kez yapılmıştır. Bu işlemin amacı kullanılacak RSSI değerini kalibre yapmaktır. Ölçülen RSSI değerlerinden maksimum ya da minimum değerin kullanılması hata değerini arttırabilmektedir. Bu şekilde

ölçüm ile hatanın artması önlenmiş olup konum tespitinde ölçümlerin ortalaması kullanılmıştır.

Ortalama RSSI ölçümleri YSA girişine verilmiş tahmini koordinatlar belirlenmiştir. Şekil.9.a gerçek ve tahmin edilen koordinatları ve Şekil.9.b hata değişimlerini göstermektedir. Toplam hata 605 cm ortalama hata 24.2 cm elde edilmiştir.



a)



b)

Şekil 9. a) Gerçek ve tahmini sensör koordinatları b) Her bir konum için ölçülen hata

Elde edilen ortalama sonuçların literatür ile kısa bir karşılaştırması Tablo.1'de verilmektedir.

Tablo.1 Literatür karşılaştırması

Kaynak	Yöntem	Hata
[3]	Stacked Denoising Autoencoder tabanlı parmak izi algoritması	4.24m
[6]	Kaskat YSA tabanlı parmak izi	0.248m
[8]	Hidden Layer Feed-Forward tabanlı konum tespit algoritması	1.2m
[10]	KNN tabanlı parmak izi algoritması	0.57m
[15]	Mamdani-Fuzzy tabanlı konum tespit algoritması	0.3m
[16]	YSA tabanlı konum tespit algoritması	0.88m
Önerilen	**YSA tabanlı parmak izi**	**0.182m 0.242m**

Parmak izi tabanlı konum tespit algoritmaları makine öğrenmesi tabanlı algoritmaları ile birlikte uygulanmaktadır[3, 6, 8, 10, 15, 16]. Konumun minimum hata ile tahmin edilebilmesi şimdilerde derin öğrenme gibi makine öğrenmesi algoritmalar kullanılabilmektedir [2]. Tablo.1'e göre konum hatası kabul edilebilir seviyelerdedir. Bu başarının altında yatan en büyük nedenler parmak izi adımının küçük seçilmesi, kapalı ortamın küçük boyutlu olması ve uygun parametreler ile makine öğrenmesi algoritmasının kullanılmasıdır.

Sonuçlar

Parmak izi tabanlı konum tespiti, zaman, alan ve yoğun emek harcanması gereken bir algoritmadır. Bununla birlikte, parmak izi veri tabanı oluşturmak için ortamdan büyük miktarda veri toplanmalıdır. Bu dezavantajlara rağmen büyük miktarda veri toplanması durumunda konum tespit doğruluğu yüksek bir algoritmadır. Bu makalede 2 boyutlu bir ortamda 2 senaryo ile gerçekleştirilen parmak izi tabanlı bir konum tespit yönteminin gerçekleştirilmesi sunulmuştur. Yöntem, YSA'nın optimize edilmesi, parmak izi adımının yani ortam gridlerinin daha küçük seçilmesi ve daha fazla ölçüm yapılması gibi öneriler dikkate alınarak geliştirilebilir ve konum hatası minimum düzeylere indirgenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBITAK) tarafından 208E070 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. G. Félix, M. Siller E. Álvarez "A fingerprinting indoor localization algorithm based deep learning", 2016 Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), pp.1006-1011, 2016
2. Z. Liu, B. Dai, X. Wan, X. Li, "Hybrid Wireless Fingerprint Indoor Localization Method Based on a Convolutional Neural Network", Sensors, 19, 4597; doi:10.3390/s19204597, 2019.
3. R. Wang, Z. Li, H. Luo, F. Zhao, W. Shao, Q. Wang, "A Robust Wi-Fi Fingerprint Positioning Algorithm Using Stacked Denoising Autoencoder and Multi-Layer Perceptron", Remote Sens. 11, 1293; doi:10.3390/rs11111293, 2019.
4. Y. Zhang, L. Lu, Y. Wang, C. Chen, "WLAN indoor localization method using angle estimation", AEU - International Journal of Electronics and Communications, Vol.76, pp:11-17,2017.
5. G. Deak, K. Curran, J. Condell, "A survey of active and passive indoor localization systems, Computer Communications, Vol.35, Issue 16, pp:1939-1954, 2012.
6. E. Erdem, T. Tuncer, R. Doğan, "Location Determination of a Mobile Device with a Fingerprint Algorithm using a Cascade ANN model", Vol.12, Issue 1, pp:238 – 249,2018.
7. I.T. Haque, "A sensor based indoor localization through fingerprinting", Journal of Network and Computer Applications, Vol.44, pp:220-229,2014.
8. Z. Wu, E. Jedari, R. Muscedere, R. Rashidzadeh, "Improved particle filter based on WLAN RSSI

fingerprinting and smart sensors for indoor localization", Computer Communications, Vol.83, pp:64-71, 2016.

9. M. Oussalah, M. Alakhras., "Multivariable fuzzy inference system for fingerprinting indoor localization, Fuzzy Sets and Systems, Vol.269, pp: 65-89, 2015.
10. A. Booranawong, K. Sengchuai, N. Jindapetch, "Implementation and test of an RSSI-based indoor target localization system: Human movement effects on the accuracy", Measurement, Vol.133, pp:370-382, 2019.
11. X. Fang, L. Nan, Z. Jiang, L.Chen, "Noise-aware fingerprint localization algorithm for wireless sensor network based on adaptive fingerprint Kalman filter", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Vol. 124, No. C, 2017.
12. L. Kanaris, A. Kokkinis, G. Fortino, A. Liotta, S. Stavrou, "Sample Size Determination Algorithm for fingerprint-based indoor localization systems", Computer Networks, Vol.101, pp:169-177, 2016.
13. N. V. T.Ngo, J. G. Kim, "Sequential learning for fingerprint based indoor localization",AEU - International Journal of Electronics and Communications, Vol.71, pp:105-109, 2017.
14. S. K. Rajesh, M. Hegde, N. Trigoni, "Gaussian Process Regression for Fingerprinting based Localization", Ad Hoc Networks, 51, 2016.
15. A. Saber, K. Fekher, B. Abbas, R. Abderrezak, L.K. Med, A. Mohamed, "A new fuzzy logic based node localization mechanism for wireless sensor networks", Future Gener. Comput. Syst. pp:1–15. 2017.
16. S. Tuncer, T. Tuncer, "Indoor localization with bluetooth technology using artificial neural networks", IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, Bratislava, Slovakia, pp. 213–217, 2015.