






Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kablosuz Vücut Alan Ağları için Coğrafi Tabanlı Yönlendirme Algoritmasının Başarım Analizi

 Seda SAVAŞCI ŞEN^{a,*},  Murtaza CİCİOĞLU^b  Ali ÇALHAN^c

^a *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*

^b *Bilişim Teknolojileri Bölümü, Milli Eğitim Bakanlığı, Bolu, Türkiye*

^c *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: sedasavascisen@duzce.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.788321

ÖZET

Kablosuz iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ve salgın hastalıklar ile pandemi süreçlerinin hayatımızın bir parçası haline gelmesi uzaktan sağlık izleme sistemlerinin önemini her geçen gün arttırmaktadır. Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) uzaktan sağlık izleme servislerinin başında gelmektedir. KVAA'lar çeşitli hayati bulguların algılayıcılar ile ölçülmesinden ve IEEE 802.15.6 protokolü sayesinde uzak birimlere kablosuz iletilmesinden sorumludur. Çalışmamızda geliştirilen coğrafi tabanlı yönlendirme algoritması sayesinde açık alanlarda KVAA'lar arası bir kablosuz ağ iletişimi sağlanmış olup topluluk halinde bulunan insanların hayati verilerinin birbirleri üzerinden uzak birimlere iletilmesi ve bireylerin gereken durumlarda uyarılması amaçlanmıştır. Bu sayede birlikte hareket eden bireylerin hem sağlık durumları kontrol altında tutulup uzak birimlere de bu verilerin gönderilmesi sağlanmıştır hem de bireyleri ve çevresindekileri hastalık belirtisi bulunan kişilere karşı uyarma mekanizmasının alt yapısı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Kablosuz Vücut Alan Ağları, Coğrafi Tabanlı Yönlendirme, Uzaktan Sağlık İzleme*

Performance Analysis of Geographically Based Routing Algorithm for Wireless Body Area Networks

ABSTRACT

Advances in wireless communication technologies and the fact that epidemics and pandemic processes become a part of our lives increase the importance of remote health monitoring systems day by day. Wireless Body Area Networks (WBANs) are one of the leading remote health monitoring services. WBANs are responsible for measuring various vital signs with sensors and wireless transmission to remote units thanks to the IEEE 802.15.6 protocol. As a result of the geographic routing algorithm developed in our study, an inter-WBAN communication has been provided in outdoors, and it has been aimed to transmit the vital data of persons in a community to remote units over each other and to warn individuals when necessary. In this way, the health conditions of the individuals who act together are kept under control and these data are sent to remote units, and the infrastructure of the mechanism of warning individuals and their surroundings against people with signs of the pandemic has been established.

Keywords: *Wireless Body Area Networks, Geographical Routing, Remote Health Monitoring*

I. GİRİŞ

Pandemi süreçlerinde kendinde hastalık belirtileri olduğunu düşünen bireyler sağlık birimlerine başvurmakta ve testler yaptırmaktadırlar. Test sonucunun negatif çıkması durumunda hayatlarına normal şekilde devam etmekte, pozitif çıkma durumlarında gözetim altında tutulmaktadırlar. Testi pozitif çıkan bireyler son zamanlarda birlikte aynı ortamda bulunan kişileri de tehlikeye attıklarından bu bireylerin karantinaya alınması gerekmektedir. Bu gibi pandemi süreçlerinde bireylerin sürekli gözetim altında tutulmaları ve karantina durumlarında sağlık durumlarının kontrol edilmesinde uzaktan sağlık izleme sistemleri önemli rol oynamaktadır. Gelişen kablosuz haberleşme sistemleri ile internet altyapısının günümüzde hemen hemen her yerde bulunması KVAA gibi teknolojiler ile anlık sağlık verilerinin ölçülüp iletilmesine olanak sağlamaktadır.

KVAA mimarisi sekiz farklı önceliğe sahip algılayıcı düğümler ve bunlardan gelen verileri toplayıp ilgili birimlere aktaran bir koordinatör düğümden (HUB) oluşmaktadır. Algılayıcı düğümler bireyin vücut sıcaklığı, nabız, kandaki oksijen miktarı, yorgunluk, hareket, ivme gibi birçok verisini ölçebilecek kabiliyette donatılmışlardır [1]. Birbirleri ile haberleşmeyen fakat aynı 2.4 GHz endüstriyel bilimsel tıbbi (ISM) bandını kullanan bu düğümler ve aynı frekans bandındaki koordinatör düğümü ile haberleşebilmek için CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) tabanlı ortam erişim kontrolünü kullanarak çalışmaktadırlar [2]. Koordinatör düğüm farklı önceliklere sahip olan ve algılayıcı düğümlerden gelen verileri önceliklerine göre sıralayarak ilgili birimlere IP tabanlı olarak iletmektedir. Bu sayede uzaktaki sağlık birimleri, hastane, doktor vs. bireyleri izleyebilmektedir.

Sekiz farklı algılayıcı düğüm ve bir koordinatör düğüm aralarında KVAA-içi adında bir ağ oluşturmaktadırlar. Farklı KVAA'lar da birbirleri ile haberleşmek durumunda kaldıklarında KVAA-arası haberleşme ismi verilen ağı meydana getirmektedirler. KVAA-arası haberleşmenin olabilmesi için yönlendirme algoritmalarına ihtiyaç vardır. Yönlendirme algoritmaları sayesinde farklı ağlardaki veriler doğrudan veri gönderemedikleri noktalara birbirleri üzerinde gönderim yapabilmektedirler [3].

Çalışmamızda KVAA-arası iletişim sağlanabilmesi için coğrafi tabanlı bir yönlendirme algoritması tasarlanmış bireylerin sağlık verileri KVAA yapısındaki algılayıcılar sayesinde toplanarak KVAA-arası iletişim sayesinde uzak birimlere aktarılmıştır. Bu sayede pandemi süreçlerinde topluluğu oluşturan her bireyin sağlık durumları gözetim altında tutulabilecek ve gerekli ölçümler dikkate alındığında örneğin vücut sıcaklığı bir eşik değerinin üstüne çıkması halinde uyarı mekanizmaları çalıştırılabilecektir. Gerekli önlemlerin zamanında alınmasını da sağlayabilecek şekilde tasarlanan bu sistemin pandemi süreçlerinde önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir.

II. SİSTEM MODELİ

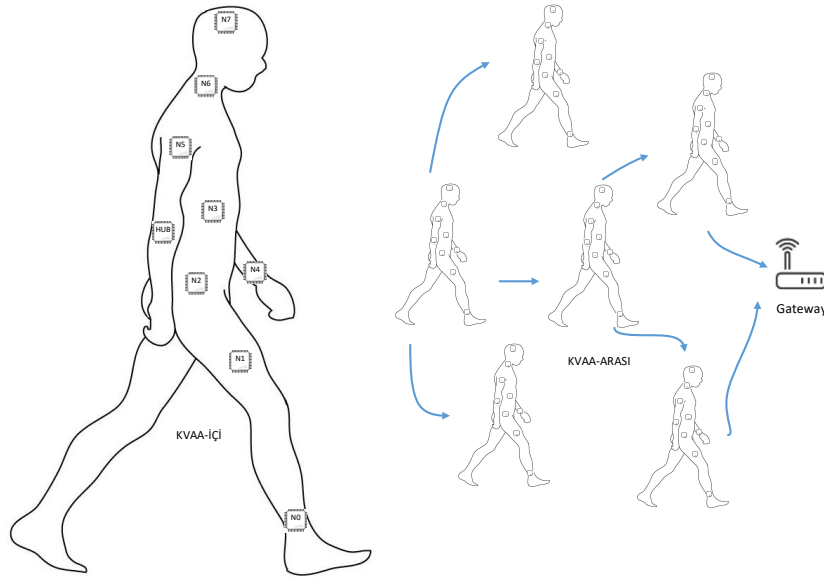
A. IEEE 802.15.6 TABANLI KVAA YAPISI

KVAA, insan vücudu içine, üzerine ya da çevresine yerleştirilmiş genellikle biyolojik verileri algılayabilen algılayıcı/eyleyici ağıdır. Her bir algılayıcı düğüm Tablo 1'de verilen sekiz öncelik sınıfından birine sahiptir ve farklı büyüklükte ve önemde verileri toplayıp koordinatör düğüme göndermekten sorumludur. Gelen veriler koordinatör düğümde öncelik bilgisine göre sıralanmakta ve ilgili birime gönderilmektedir [4].

Tablo 1. KVAA kullanıcı öncelik sınıfları ve veriler (V: Veri – Y: Yönetim)

UP	Veri Tipi	Paket Tipi
0	Arka plan	V
1	En iyi Erişim	V
2	Mükemmel Erişim	V
3	Video	V
4	Ses	V
5	Medikal veri	V/Y
6	Yüksek Öncelikli Medikal Veri	V/Y
7	Acil	V

Şekil 1’de KVAA-içi ve KVAA-arası haberleşme resmedilmiştir. İnsan vücuduna yerleştirilen algılayıcılar ISM bandında çalışmakta olup 2.4 GHz bandında CSMA/CA ortam erişim tekniğini kullanarak kablosuz ortamı paylaşmaktadırlar. CSMA/CA, taşıyıcı algılamanın kullanıldığı bir ağ çoklu erişim yöntemidir, ancak düğümler yalnızca kanalın "boşta" olduğu algılandıktan sonra iletme başlayarak çakışmaları önlemeye çalışmaktadır. İletim yaptıklarında, düğümler paket verilerini bütünüyle iletmektedir. CSMA/CA ve öncelik yapısı ile birlikte KVAA için tasarlanan yapı IEEE 802.15.6 altında toplanmıştır.



Şekil 1. KVAA-içi ve KVAA-arası yapılar

Bir insan vücudunun yakınında veya içinde kısa mesafeli kablosuz iletişimler IEEE 802.15.6 standardında belirtilmiştir. Ulusal tıbbi ve/veya düzenleyici otoriteler tarafından onaylanan mevcut ISM bantlarının yanı sıra frekans bantlarını kullanmaktadır. Bu standart, hizmet kalitesi (QoS), son derece düşük güç ve 10 Mbps'ye kadar veri hızları için destek verirken, aynı zamanda ihtiyaç duyulan yerlerde parazitsiz bir iletişim ortamı sağlayabilmektedir. IEEE 802.15.6 standardı, dar bant, ultra geniş bant ve insan vücudu iletişim bandı ve genel çerçeve yapısı olmak üzere üç farklı fiziksel katman standardını tanımlar. Bu fiziksel katmanlar arasındaki seçim uygulama gereksinimlerine göre yapılmaktadır.

IEEE 802.15.6 standardında üç erişim yöntemi vardır. Bunlar işaret periyodu süper çerçeve sınırlarına sahip Beacon modu, süper çerçeve sınırları olan işaretli mod ve süper çerçeve sınırları olmayan işaretli moddur. Bu yöntemlerin her birinde, hedeflenen uygulamanın özel gereksinimlerini daha iyi

karşılacak bir süper çerçeve yapısı tanımlanır. Bu çalışmada, işaret periyodu süper çerçeve sınırları ile Beacon modu kullanılmıştır. Bu yöntemde, HUB düğümü, zaman aralığı tahsisleri sağlamak için her aktif süper çerçeve başlangıcında işaret paketini gönderir. Her süper çerçeve birkaç erişim aşamasına (AP) bölünmüştür. Bunlar; acil erişim aşaması (EAP1, EAP2), rastgele erişim aşaması (RAP1, RAP2), yönetim erişim aşaması (MAP) ve çekişme erişim aşamalarıdır (CAP). EAP'ler yüksek öncelikli ağ trafiği için kullanılırken, RAP'ler tekrar etmeyen aktarımlar için kullanılır. CAP, çekişme erişimi için kullanılır. RAP1 dışındaki diğer erişim aşamaları isteğe bağlıdır. CAP erişim aşaması istenmiyorsa, HUB düğümü B2 işaret paketini iletişim ortamına göndermez. EAP1 kullanılacaksa, bu aşama işaret paketinden hemen sonra başlamalıdır. Bu aşama yalnızca acil durum veya tıbbi olay raporları gibi öncelikli düğümler tarafından kullanılabilirken, RAP ve CAP tüm öncelikli düğümler tarafından kullanılabilir [5].

HUB (koordinatör) düğümüne gönderilecek bir pakete sahip olan düğüm, yeni bir koşullu zaman aralığı için çekişme penceresini (CW_{min}, CW_{max}) ve geri çekilme sayacını [1, CW] tutar. CW_{min} ve CW_{max} değerleri kullanıcı önceliklerine (UP'ler) göre seçilebilmektedir. En yüksek öncelikli UP'ler, acil durum olaylarını hedefe minimum gecikme ve kayıpla iletmek için kanala erişim olasılığını artıran küçük bir CW değerine sahiptir. Paket göndermek için rekabet eden düğümler, çarpışma olasılığını en aza indirmek için geri çekilme sayacını eşit olarak dağıtılmış bir aralık [1, CW] üzerinden rastgele bir tamsayı ile ayarlar.

CW'ler, ağ ortamındaki düğümlerin paket iletim durumuna göre değişmektedir. Düğüm daha önce herhangi bir çekişme tahsisi almamışsa, paketini başarıyla iletmışse veya paketi ilettikten sonra alındığını bildirme (ACK) onayı gerektirmiyorsa, CW değerinin değerini CW_{min} değeri olarak ayarlamaktadır. Düğüm, paket iletiminde başarısız olduysa veya ilettiği son paket için ACK onayını almadıysa, CW değeri çift sayıda iletim hatası için iki katına çıkarılırken, CW değeri çift sayıda iletim hatası için ikiye katlanır. CW değeri, CW'nin değerini iki katına çıkararak CW_{max} [UP_i] değerini aşarsa, düğüm CW'nin değerini CW_{min}'e ayarlamaktadır.

B. COĞRAFİ TABANLI YÖNLENDİRME VE KVAA-ARASI HABERLEŞME

Coğrafi tabanlı yönlendirme, coğrafi konum bilgisine dayanan bir yönlendirme şeklidir [6]. Temel olarak kablosuz ağlar için önerilmekte ve kaynağın ağ adresini kullanmak yerine hedefin coğrafi konumuna bir mesaj göndermesi fikrine dayanmaktadır. Coğrafi yönlendirme, her düğümün kendi konumunu belirleyebilmesini ve kaynağın hedefin konumunun farkında olmasını gerektirmektedir. Bu bilgilerle, ağ topolojisi veya önceden bir rota keşfi hakkında bilgi sahibi olmadan bir mesaj hedefe yönlendirilebilmektedir.

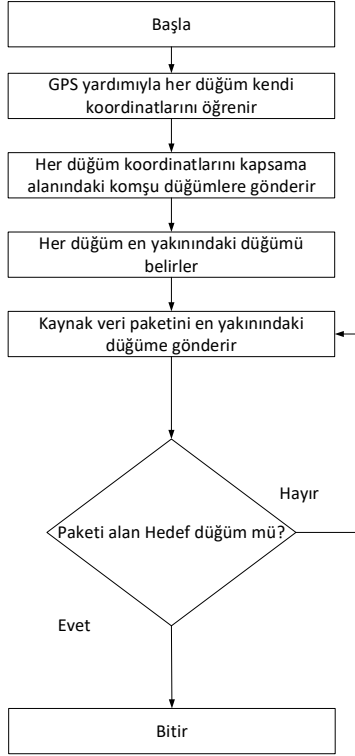
Coğrafi bilgiye dayalı olarak yönlendirme yapmak için her bir düğümün coğrafi konumunun farkında olması ve komşularını bilgilendirmesi gerekir. Bu sebeple KVAA yapısında bulunan koordinatör düğümün GPS donanımı olacak şekilde tasarlanmıştır. Koordinatör GPS yardımıyla koordinat bilgilerini alabilmektedir.

Coğrafi tabanlı yönlendirme konusunda ilk öneriler, Açgözlü yönlendirme (Greedy Routing) ve yüz yönlendirme (Face Routing) şeklinde ortaya atılmışlardır [7]. Bu iki algoritma birlikte daha sonraki birçok yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Açgözlü yönlendirme, paketlerin ağda ilerlemesinde hedefe en yakın olan komşuya iletiildiği basit bir coğrafi tabanlı yönlendirme şeklidir. Açgözlü yönlendirme hem anlaşılması ve uygulanması basittir hem de verimlidir. Ancak, açgözlü yönlendirmenin önemli bir dezavantajı vardır; bir düğüm hedefe kendisinden daha yakın bir komşu bulamadığında, paketi yok etmesi gerekmektedir. Yüz yönlendirme, kablosuz tasarsız ağlarda yönlendirme için basit bir yöntemdir.

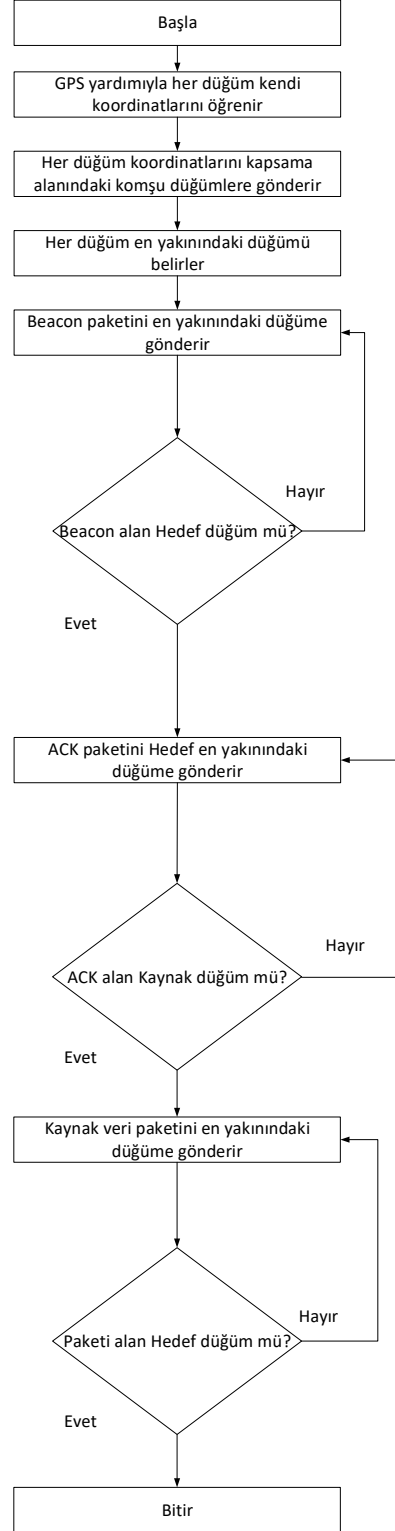
Yönlendirme yapmak için yalnızca düğümler hakkındaki konum bilgilerini kullanır ve statik bağlantılı düzlem grafiklerde mesaj teslimini kanıtlanabilir şekilde garanti eder. Bununla birlikte, gerçek bir kablosuz ağda statik bağlantılı bir düzlem grafiğinin elde edilmesi genellikle zordur. Şekil 2'de iki yönlendirme algoritmasının akış diyagramları verilmiştir.

Coğrafik Yönlendirme

Açgözlü Yönlendirme



Yüz Yönlendirme



Şekil 2. Açgözlü ve yüz yönlendirme algoritmaları

Literatürdeki coğrafi tabanlı yönlendirme algoritmaları genellikle kablosuz tasarsız ağlar için daha sonra da kablosuz algılayıcı ağlar için geliştirilmiştir [8] [9] [10].

Çalışmamızda her iki algoritmanın olumlu taraflarına sahip bir coğrafi tabanlı yönlendirme algoritması geliştirilmiştir. Amaçlanan yönlendirme algoritması kaynaktan çıkan her veri paketinin hedefine teslim edilmesini garanti edecek ACK mekanizmasına, öncelik sınıflarına ve çakışmaları önleyen mekanizmasıyla CSMA/CA tabanlı ortam erişimine sahiptir. Ayrıca 2.4. GHz’de çalışan IEEE 802.15.6 protokolü kullanması sayesinde IP tabanlı ağlara uyumludur. Çalışmamız bu artılarından dolayı literatürde bir ilktir.

III. BENZETİM SONUÇLARI

Çalışmamız KVAA-içi haberleşme için IEEE 802.15.6 protokolünü ve KVAA-arası haberleşme için coğrafi tabanlı yönlendirme algoritmasını kullanmaktadır. Tasarlanan tüm algoritmalar Riverbed Modeler yazılımında gerçekleştirilmiştir. Riverbed Modeler kablolu ve kablosuz haberleşme sistemlerinin ve ağlarının tüm detayları ile programlanması ve planlanmasını sağlayan akademik ve endüstriyel çevrelerce kabul görmüş bir ağ benzetim yazılımıdır [11]. Tablo 2’de çalışmamızın Riverbed Modeler benzetim parametreleri verilmiştir.

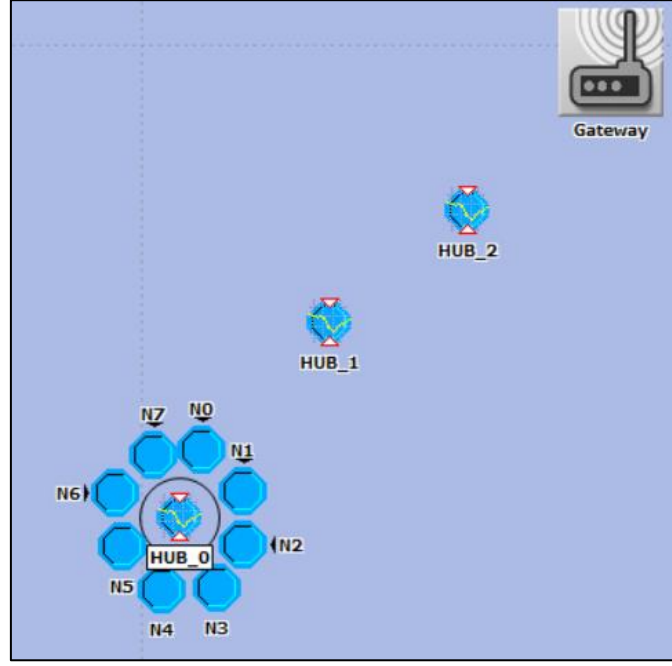
Tablo 2. Benzetim parametreleri.

Parametreler	Değerler
Benzetim süresi	600 sn
Frekans	2400 - 2483.5 GHz
Algılayıcı düğüm ve HUB sayısı	3 HUB+ 8 düğüm+1 gateway (1. senaryo) 6 HUB+ 8 düğüm+1 gateway (2. senaryo)
Bant genişliği	1 MHz
Veri hızı	971.4 kbps
Paket boyutu	100 bayt
Paket gelişler-arası süresi	UP7 = 0.2 sn. UP3 = 2 sn. UP6 = 0.5 sn. UP2 = 5 sn. UP5 = 1 sn. UP1 = 10 sn. UP4 = 1 sn. UP0 = 20 sn.
Enerji Tüketim Parametreleri (MicaZ değerleri)	
Pil	2 AA (3 V)
Başlangıç enerji değeri	34600 Joule
Paket iletim durumu	0 dBm = 17.4 mA
Paket alım durumu	27.7 mA
Boşta durumu	35 μ A
Uyku durumu	16 μ A

Tasarlanan algoritmanın başarımının incelenmesi için iki senaryo gerçekleştirilmiştir. İlk senaryoda 3 HUB ve ilk HUB’a bağlı sekiz önceliğe (UP0,UP1,...,UP7) sahip sekiz düğüm bulunmaktadır. Sekiz düğüm (N0, N1,..., N7) ve HUB (HUB_0) IEEE 802.15.6 protokolü ile haberleşmektedir. Sekiz düğümün ürettiği veriler IEEE 802.15.6 sayesinde HUB’da toplanmakta ve önem sırasına göre sıralanmaktadır. Bu işlemler gerçekleşirken HUB_0 kendi GPS’i sayesinde koordinatlarını elde etmekte ve komşu HUB’lara göndermektedir. Senaryoda bulunan diğer HUB’lar da kendi GPS’leri sayesinde koordinatlarını alıp komşularına göndermektedirler. Komşu HUB’lardan gelen koordinat bilgileri sayesinde HUB’lar birbirlerine olan mesafeyi hesaplayıp yönlendirme tablolarını güncellemektedirler. Bu sayede her HUB kendine en yakın HUB’ı tespit edip yönlendirme algoritması

sayesinde HUB_0'dan gelen sekiz düğümün verilerini gateway'e ulaştırmaktadırlar. Gateway toplanan sağlık verilerinin görüntülediği ve işlendiği sağlık birimi bilgisayarı olarak düşünülmüştür. Şekil 3'de ilk senaryonun Riverbed benzetim ortamı gösterilmektedir.

Genellikle karma ağgözlü yüz yönlendirme protokolleri, ağgözlü yönlendirme modunda başlar ve ardından geçerli düğüm hedeften kendisinden daha yakın bir komşu bulamadığında yüz yönlendirmesine geçer. Ağgözlü yönlendirme genellikle yüz yönlendirmesinden daha verimli olduğundan, ağgözlü modda mümkün olduğunca fazla yönlendirme yapılması istenmektedir. Bununla birlikte, tam olarak ne zaman ağgözlü moda geri dönüleceği önemlidir. Çok erken geçiş yapılması durumunda başka bir yerel maksimum ile karşılaşılabilen ancak çok geç geçiş yapılması yönlendirme işleminin daha verimsiz yüz modunda gerçekleştirildiği anlamına gelmektedir [12].

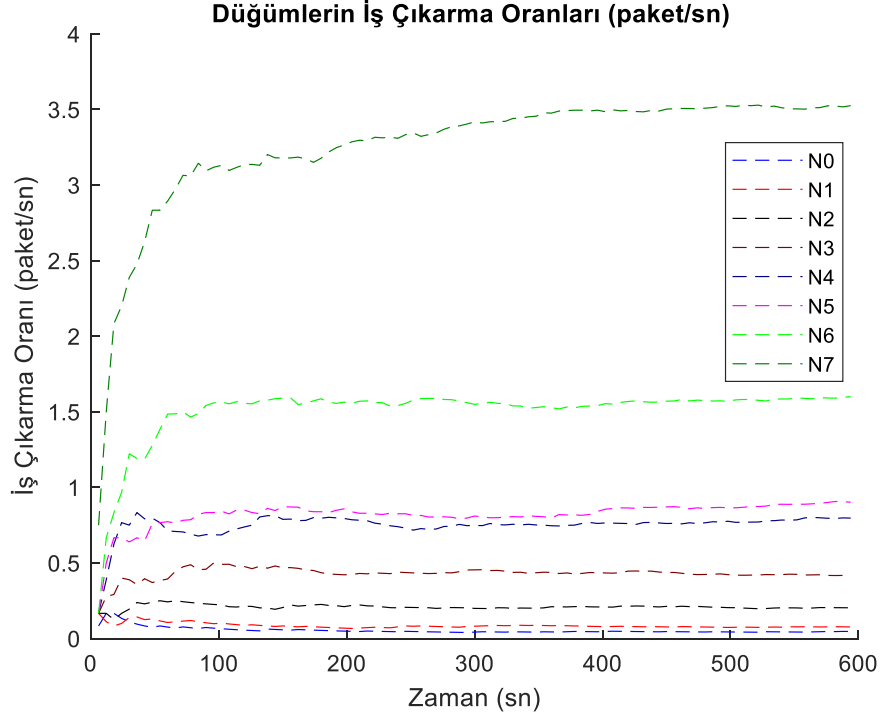


Şekil 3. İlk senaryonun Riverbed benzetim ortamı

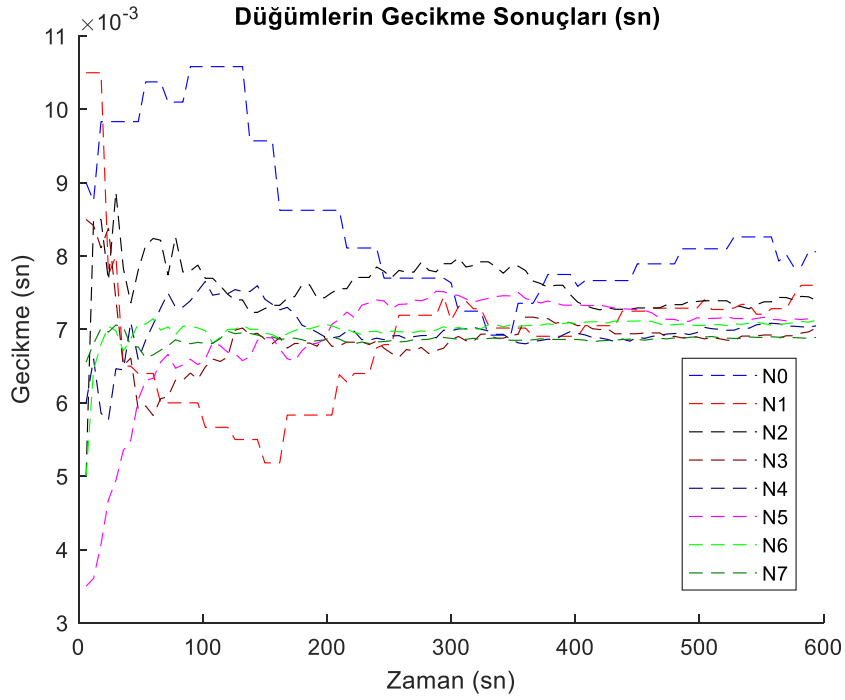
Yapılan çalışmanın başarımlarını analiz etmek için ilk olarak iş çıkarma sonuçları incelenmiştir. İş çıkarma oranı saniyede başarılı bir şekilde hedefe ulaştırılan paket sayısı anlamına gelmektedir. Şekil 4'de sekiz farklı düğümden gelen ve gateway'e ulaşan iş çıkarma oranları verilmektedir. İlk senaryoda sekiz düğümden üretilen paketler önce HUB_0'a oradan en yakın HUB olan HUB_1'e ve sonra HUB_1'e en yakın HUB olan HUB_2'ye gönderilmektedir. Sonuç olarak HUB_2, gateway'e en yakın HUB olduğundan HUB_2 üzerinden gateway'e paketler ulaşmaktadır. Coğrafi tabanlı yönlendirme algoritması tasarlanırken algoritmanın sonsuz döngüye girmesi ve aynı HUB'lara tekrar tekrar iletilmesinin de önüne geçilmesi sağlanmıştır. Tablo 2'de verilen benzetim parametreleri incelendiğinde en çok paket üreten düğümün en öncelikli düğüm olan N7 olduğu görülmekte ve üretilen paket sıklığı N7'den N0'a doğru azalmaktadır. Bu sebeple N7'nin iş çıkarma oranının en çok olması beklenmekte ve bu durumun N0'a doğru azalması beklenmektedir. Bu durum Şekil 4' de gösterildiği üzere sağlanmış olmaktadır.

Diğer bir başarımlar parametresi olarak gecikme sonuçları incelenmiştir. Gecikme, bir paketin üretildiği zamandan itibaren hedefte alındığı zamana kadar geçen süre olarak ifade edilmektedir. Çalışmamızda sekiz farklı düğümden üretilen paketler kendi kuyruk yapılarında bir süre bekledikten sonra HUB_0'a gönderilmekte ve burada öncelik durumlarına göre diğer HUB'lara gönderilmektedir. Sekiz farklı önceliğe sahip bu paketler vardıkları her HUB'da tekrar önceliklerine göre diğer HUB'lara gönderilmektedirler. 2.4 GHz frekans bandında birçok düğüm çalıştığı için çekişme tabanlı bir ortam erişim mekanizması kullanılmıştır. Bu durumda aynı ortamı kullanan bu elektronik cihazlar zaman zaman ortamın meşgul olmasından dolayı gecikmelerde değişiklikler olması kaçınılmazdır. Şekil 5'de

sekiz düğümün gateway’de alınmasına kadar geçen gecikme süreleri verilmiştir. Daha önce belirtildiği üzere N0 düğümünden N7 düğümüne göre öncelikler artmakta ve paket üretim sıklığı da artmaktadır. Bu durumda en öncelikli paketlerin yani N7’den başlayarak N0’a kadar gecikmelerin artması beklenmektedir. Şekil 5’de görüldüğü üzere en yüksek gecikme N0’a aittir.

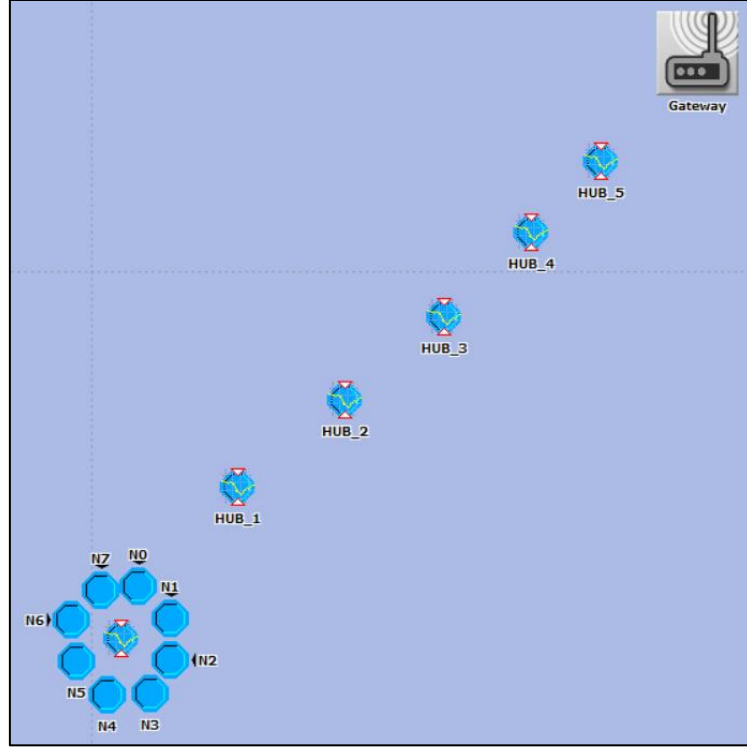


Şekil 4. İlk senaryonun iş çıkarma oranları



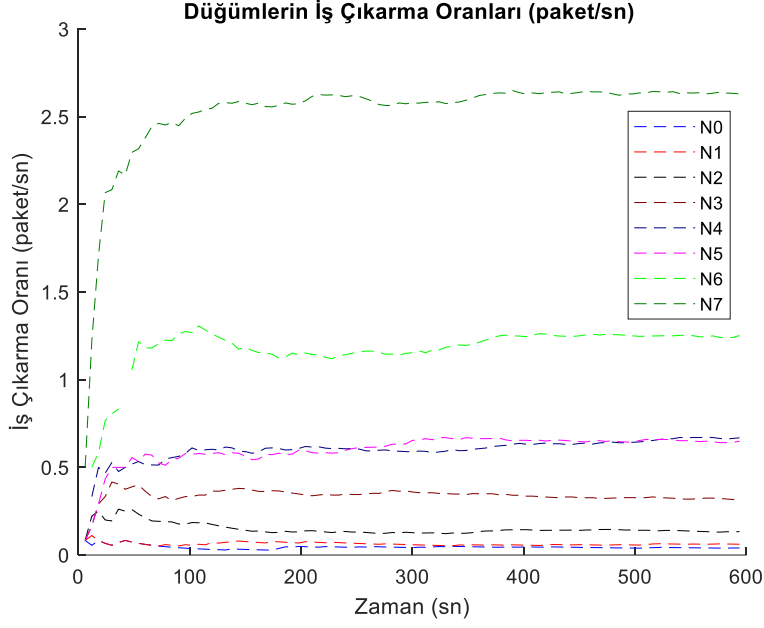
Şekil 5. İlk senaryonun gecikme sonuçları

İkinci senaryoda HUB sayısı artırılmış ve tasarlanan benzetim ortamının başarımı iş çıkarma oranı ve gecikme parametreleri ile incelenmiştir. Şekil 6'da ikinci senaryonun Riverbed Modeler benzetim ortamı verilmiştir.

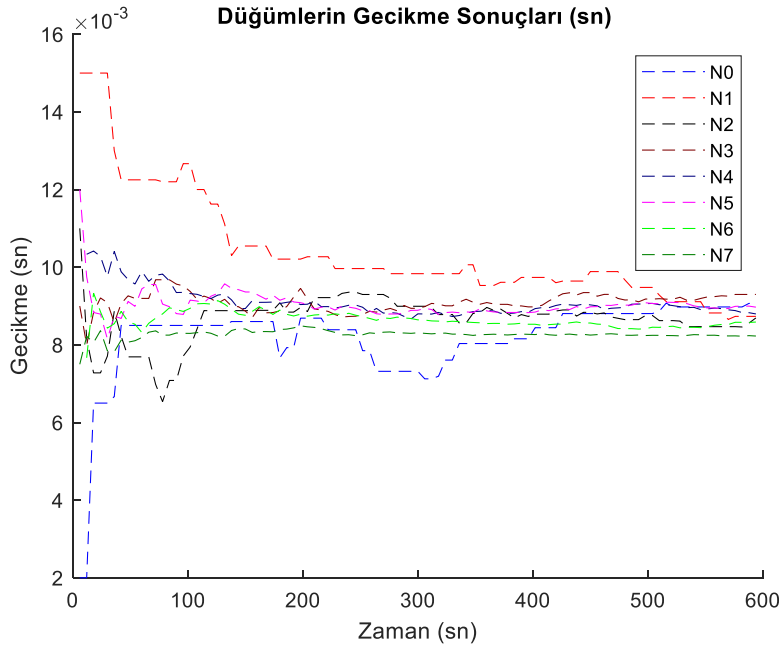


Şekil 6. İkinci senaryonun Riverbed benzetim ortamı

Şekil 7'de ikinci senaryonun iş çıkarma oranı sonuçları verilmiştir. İlk senaryoya göre atlanacak HUB sayısı arttığı için bu oranlar her bir düğüm için bir miktar düştüğü gözlenmektedir. N7'den N0'a, paket üretim sıklıkları ve öncelikler azaldığı için iş çıkarma oranları düşmektedir. Şekil 8'de ikinci senaryonun gecikme sonuçları verilmektedir. Atlanacak HUB sayısı arttığı için gecikme sonuçlarının da artması normaldir ve önceliği düşük olan düğümlerin gecikme sürelerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.



Şekil 7. İkinci senaryonun iş çıkarma oranları



Şekil 8. İkinci senaryonun gecikme sonuçları

IV. SONUC

Bu çalışmada KVAA-içi ve KVAA-arası haberleşme benzetimleri ile coğrafi tabanlı bir yönlendirme algoritması tasarlanarak Riverbed Modeler yazılımında gerçekleştirilmiştir. Özellikle pandemi süreçlerinde açık ortamlarda insan topluluklarının uzaktan sağlık izlemeleri bu sayede gerçekleştirilmiş olacak ve çeşitli uyarı, önleme, teşhis ve tedavi süreçlerinde kullanılabilir. Gelecek çalışmalar için koordinat verilerinin yanında yönlendirme algoritması için SNR gibi farklı parametrelerin de işleme katılması ile yapay zekâ tabanlı yönlendirme algoritmalarının tasarlanması amaçlanmaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] F. Niaz, M. Khalid, Z. Ullah, N. Aslam, M. Raza, and M. K. Priyan, "A bonded channel in cognitive wireless body area network based on IEEE 802.15.6 and internet of things," *Comput. Commun.*, vol. 150, pp. 131-143, 2020.
- [2] A. Choudhary, M. Nizamuddin, M. Zadoo, and V. K. Sachan, "Multi-objective optimization framework complying IEEE 802.15.6 communication standards for wireless body area networks," *Wirel. Networks*, vol. 26, pp. 4339-4362, 2020
- [3] A. K. Sagar, S. Singh, and A. Kumar, "Energy-Aware WBAN for Health Monitoring Using Critical Data Routing (CDR)," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 112, pp. 273-302, 2020
- [4] M. Cicioğlu and A. Çalhan, "IoT-based wireless body area networks for disaster cases," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 33, no. 13, pp. 1–12, 2020
- [5] B. S. Kim, T. E. Sung, and K. Il Kim, "An NS-3 implementation and experimental performance analysis of IEEE 802.15.6 standard under different deployment scenarios," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 4007, no. 31, pp. , 2020
- [6] O. Alzamzami and I. Mahgoub, "Link utility aware geographic routing for urban VANETs using two-hop neighbor information," *Ad Hoc Networks*, vol.106, pp. 1570-8705 , 2020
- [7] E. Kranakis, H. Singh, and J. Urrutia, "Compass routing on geometric networks," *Proc. 11 Th Can. Conf. Comput. Geom.*, pp. 1–4, 1999.
- [8] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for wireless networks," *Proc. Annu. Int. Conf. Mob. Comput. Networking, MOBICOM*, pp. 243–254, 2000.
- [9] L. Shu, Y. Zhang, L. T. Yang, Y. Wang, M. Hauswirth, and N. Xiong, "TPGF: Geographic routing in wireless multimedia sensor networks," *Telecommun. Syst.*, vol. 44, pp. 79-95, 2010.
- [10] G. Xing, C. Lu, R. Pless, and Q. Huang, "On greedy geographic routing algorithms in sensing-covered networks," pp. 31-42, 2004.
- [11] SteelCentral Riverbed Modeler Software, "SteelCentral," 2020.
- [12] F. Cadger, K. Curran, J. Santos, and S. Moffett, "A survey of geographical routing in wireless Ad-Hoc networks," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 15, no. 2, pp. 621–653, 2013.