Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 21(5), 172-177, 2015

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

TRAFİK DUYARLI KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARININ BAŞARIM ANALİZİ

PERFORMANCE ANALYSIS OF TRAFFIC SENSITIVE WIRELESS BODY AREA NETWORKS

Ali ÇALHAN[1*]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye.
alicalhan@duzce.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 16.04.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 22.07.2014 doi: 10.5505/pajes.2014.71501
* Yazışılan yazar/Corresponding author Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Mikro elektronik, kablosuz haberleşme, tümleşik devreler ve algılayıcı ağların sağlık alanında birlikte kullanılması, Kablosuz Vücut Alan Ağları'nın (Wireless Body Area Networks, WBANs) ortaya çıkmasını sağlamıştır. WBAN ile insan vücuduna yerleştirilmiş küçük boyutlu, enerji tüketimi düşük kablosuz algılayıcı düğümler sayesinde insan vücudunun gözetim altında tutulması amaçlanmaktadır. Günümüzde WBAN sağlık, spor, eğlence, askeri uygulama gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ağı oluşturan algılayıcı düğümler kablosuz olarak çalıştıkları için sınırlı enerji kaynaklarına sahiptirler. Bu sebeple, WBAN'lar için kullanılacak ortam erişim protokollerinin enerjiye duyarlı olması gerekmektedir. Ayrıca WBAN'ların farklı veri trafiklerine (normal, isteğe bağlı ve acil) sahip olması, koordinatör düğümlerde veri işlem sırasının belirlenmesinin önemini arttırmıştır. Bu çalışmada, veri trafiğine duyarlı bir WBAN yapısı tasarlanmıştır. Tasarlanan yapının başarım analizi için uçtan-uca gecikme ve iş çıkarma oranı sonuçları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kablosuz vücut alan ağları, Ortama erişim Protokolü, Engellemeyen öncelikli kuyruk modeli

Abstract

The cooperation of micro-electronics, wireless communications, integrated circuits and sensor networks have led to rise of Wireless Body Area Networks (WBANs). The aim of WBANs is to keep a human body under control by means of a set of small-size, lightweight, and low-power sensor nodes placed in, on, or around the human body. The WBANs are also used in a number of new applications namely health monitoring, entertainment, sports, and military applications. The sensor nodes in WBANs have limited energy resources as a result of communicating with each other wirelessly. Therefore, the medium access control protocols for WBANs must be energy efficient protocols. Also, WBAN's importance of having the different data traffics has increased determination of operation sequence at the coordinator nodes. In this study, data traffic sensitive WBAN is proposed. End to end delay and throughput results are examined for performance evaluation.

Keywords: Wireless body area networks, Medium access protocol, Non-preemptive priority queue model

1 Giriş

Son zamanlarda hızla gelişen kablosuz haberleşme teknolojileriyle beraber, kısa mesafelerde birbirleriyle haberleşebilen, düşük maliyet ve güçte çok amaçlı aygıtlar geliştirilmiştir. Algılayıcı düğüm adı verilen bu aygıtlar, algılama, hesaplama ve iletişim yeteneklerine sahip birer kablosuz ağ elemanlarıdır. Bu algılayıcı düğümlerin çevreyi gözetleyerek veriler toplamak ve gerekli birimlere bu verileri iletmek amacıyla oluşturduğu kablosuz ortama Kablosuz Algılayıcı Ağlar (Wireless Sensor Networks, WSNs) denilmektedir. Günümüzde WSN teknolojisi birçok uygulamanın yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu uygulamalardan biri de fizyolojik sinyallerin ölçümünde kullanılan WBAN'lardır. WBAN'lar WSN'ler ile kıyaslandığında, daha az düğüm sayısına, kararlı görüntüleme oranına, daha küçük mesafeli çalışma ortamına, basit bakım gerektiren ve daha kolay erişilebilir güç kaynaklarına sahiptir.

WBAN, insan vücudu içinde, üstünde veya etrafında bulunan algılayıcı ya da eyleyici özelliklerine sahip küçük algılayıcı düğümlerin oluşturduğu radyo frekansı tabanlı kablosuz ağ teknolojisidir. Görevi, ağı oluşturan algılayıcı ve eyleyiciler sayesinde insan vücudunun fonksiyonlarını ve çevresini izlemeyi sağlamaktır. Örneğin, sporcuların üzerine yerleştirilen düğümler sayesinde belirli zamanlarda hareket halinde olan sporcular hakkında gerekli bilgiler toplanabilmektedir. WBAN, sporcunun vücudundaki çeşitli kasların çalışma durumlarını, sporcunun sağlık durumunu ve hareketlerini izlemeyi ve aynı zamanda gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca sporcunun hız, mesafe, kalp atış oranı ve konum bilgileri de WBAN sayesinde takip edilebilmektedir. WBAN'ların diğer bir kullanım alanı da sağlık sektörüdür. Özelikle hastane dışında tedavi gören hastaların sağlık takiplerinin yapılmasında çok kullanışlı olabilmektedir. Evdeki bir hastanın WBAN sayesinde vücut fonksiyonları izlenip, toplanan bilgilerin belirli sürelerde doktoruna gönderilerek hastaya gerekli müdahale ve gözetim sağlanabilmektedir. Bu gibi örnekler çoğaltıldığında WBAN'ların günlük hayatta birçok alanda kullanım olanağı bularak hayatımızı kolaylaştırdığı görülmektedir.

WBAN'ı oluşturan algılayıcı düğümler kablosuz olarak çalıştıkları için sınırlı enerji kaynaklarına sahiptirler. Bu sebeple, WBAN'lar için kullanılacak ortama erişim protokollerinin enerjiye duyarlı olması gerekmektedir. Ayrıca, WBAN'ların farklı veri trafiklerine (normal, isteğe bağlı ve acil) sahip olması, koordinatör düğümlerde veri işlem sırasının belirlenmesinin önemini arttırmıştır. Bu çalışmada, WBAN'lar için veri trafiğine ve enerjiye duyarlı yeni bir WBAN'ın OPNET yazılımı ile benzetimi gerçekleştirilmiştir. OPNET Modeler benzetim programı, kablolu ve kablosuz tüm haberleşme sistemlerinin tasarımının yapılabildiği görselliğe sahip, ticari bir yazılımdır [1]. OPNET'te modellenen sistemlerin davranış ve başarım analizleri ayrık olay benzetim yöntemi ile gerçekleştirilir. OPNET, standart ağ modellemesinin yanında ağlar arası iletişimin modellenmesinde, kablolu-kablosuz ve hareketli-hareketsiz haberleşme protokollerinin tasarlanmasında sıklıkla kullanılmaktadır [2].

Literatürde WBAN'larda trafik öncelikli uygulamalar için birkaç çalışma yapılmıştır. Ru Kong ve arkadaşları çalışmalarında WBAN'lar için TDMA (Time Division Multiple Access) yöntemini kullanarak bir trafik öncelik tabanlı slot tahsisi yapmışlardır [3]. TDMA sayesinde WBAN düğümlerinin belirli zaman aralıklarında verilerini göndermeleri ile enerji verimliliği sağlanmış olmaktadır. Ayrıca bu çalışmada slot tahsisi ile düğümlerin veri gönderme önceliği belirlenmektedir. Diğer bir çalışmada, IEEE 802.15.4 ortam erişim protokolü kullanılarak yine bir veri öncelikli adaptif slot tahsis algoritması amaçlanmaktadır [4]. Veri trafikleri üç önceliğe ayrılarak, öncelik derecelerine göre düğümlere slot tahsisi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmaların dışında, WBAN'lar için tasarlanmış L-MAC [5] protokolü geliştirilerek, önceliğe sahip veri trafikleri için bir çalışma da yapılmıştır [6]. Çalışmada verilere önceliklerini belirtmek için pseudo kodlar kullanılarak bağlı listeler oluşturulmakta, veriler öncelikli ve normal veriler olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmaktadır. Diğer bir çalışmada, WBAN trafikleri medikal ve medikal olmayan trafikler olarak iki gruba ayrılmış ve medikal trafikler de kendi aralarında normal ve acil olacak şekilde gruplandırılmıştır [7]. Ayrıca WBAN trafiklerini yüksek öncelikli medikal hizmeti, genel sağlık hizmeti, karma medikal/medikal olmayan hizmet ve medikal olmayan hizmetler şeklinde dört gruba ayıran bir çalışma da yapılmıştır [8].

Çalışmamızda TDMA tabanlı bir WBAN ortam erişim protokolü tasarlanması amaçlanmaktadır. Veri trafikleri literatür çalışmalarından edinilen bilgiler doğrultusunda Acil (Emergency), İsteğe Bağlı (On-Demand) ve Normal (Normal) olmak üzere sınıflandırılmıştır. Üç öncelik sınıfına ait çeşitli vücut algılayıcı düğümleri verilerini bir koordinatör düğüme iletmektedir. Bu düğüme gelen veriler sahip oldukları öncelik durumlarına göre koordinatör düğümün kuyruğunda sırasını almaktadır. Bu sayede çalışmamızda trafik duyarlı bir WBAN protokolü gerçekleştirilmiş olmaktadır. Literatürdeki yapılan çalışmalardan farkları şu şekilde açıklanabilir; Öncelikle ortama erişim protokolü olarak TDMA kullanılmıştır ve algılayıcı düğümlere üç öncelik grubuna göre statik zaman dilimi tahsisi yapılmıştır. En yüksek önceliğe sahip düğüm verisini ilk zaman diliminde gönderirken diğer öncelik grubunda bulunan düğümler sırasıyla verilerini kendilerine ayrılan zaman dilimlerinde göndermektedirler. Algılayıcı düğümlerden gelen verilerin gönderim sırası koordinatör düğümde Engellemeyen Öncelikli (Non-preemptive Priority) M/G/1 kuyruk modeli kullanılarak sağlık merkezi birimine gönderilecek şekilde düzenlenmiştir.

2 Kablosuz Vücut Alan Ağları

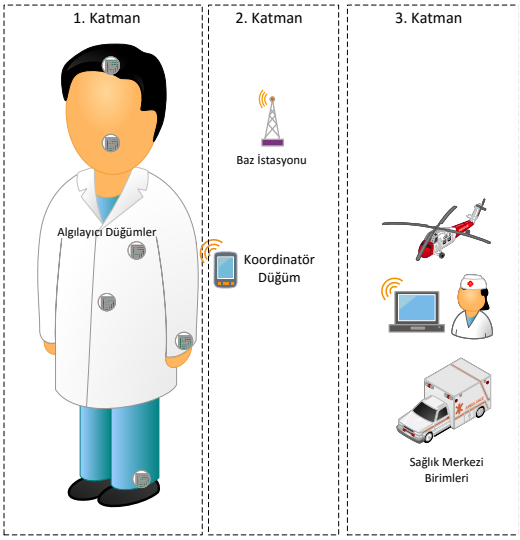
WBAN'da her bir düğüm üzerinde bulundurduğu algılayıcıya göre belirli büyüklükleri ölçüp toplayabilen ve bir birime gönderebilen aygıtlardır. Bu algılayıcı ve eyleyiciler insan vücudunun içine ya da üzerine yerleştirilebilmektedir. Dünya nüfusunun giderek yaşlanması ve sağlık hizmetlerinin ucuz olmaması WBAN'ların kullanım alanlarının artmasını sağlamıştır. Ayrıca hareket halinde olan hastaların işlerini aksatmadan vücut fonksiyonlarının denetlenmesi de sağlanabilmektedir. WBAN'a sahip bir hastanın kalp atışı, vücut sıcaklığı ya da kan basıncı algılayıcı düğümler sayesinde görüntülenebilmektedir. İnsan vücudundaki anormal bir değişiklik bir koordinatör düğüm sayesinde toplanarak bir cep telefonuna ya da bir bilgisayara gönderilerek sağlık birimleri bilgilendirilebilmektedir. Ayrıca eyleyiciler sayesinde ölçülen değerlere göre bazı eylemler uygulanabilir. Örneğin; diyabet hastası birinin üzerinde bulunan glikoz algılayıcısı ile vücuttaki glikoz oranı ölçülerek, eğer gerekli ise hastanın vücuduna insülin iğnesi ile gerekli oranda insülin vücuda aktarılabilmektedir.

WBAN'ların ortaya çıkmasıyla beraber göz önünde bulundurulması gereken çeşitli sınırlamalar ve geliştirilip araştırılması gereken bazı konular da ortaya çıkmıştır. Bu sınırlamalar; güç tüketimi, bant genişliği ve kapsama alanı gibi problemler ile geliştirilmesi gereken ortam erişim protokolleridir. Bu problemlerin başında WBAN mimarisinin etkili ve uygulanabilir şekilde tasarlanması gelmektedir. Ayrıca WiFi ve hücresel ağlar gibi uzun mesafeli kablosuz haberleşme teknolojileri de WBAN sistemine dahil edilebilmektedir.

Şekil 1'de bir WBAN yapısı görülmektedir. Vücuduna WBAN bağlı olan insan, günlük rutin işlerini vücudu izlenirken yapabilmektedir. WBAN yapısında ISM bandında çalışan IEEE 802.15.4, Zigbee ya da Bluetooth gibi teknolojiler kullanılabilmektedir. WBAN, giyilebilen aygıtlar sayesinde insanlar ile bilgisayarlar arasındaki bir haberleşme ağı olarak da tanımlanabilmektedir. İnsan sağlığının doktor gözetiminde ve hastaneye bağımlı kalmaksızın kontrol altında tutulmasının yanında ekonomik olarak da büyük faydaları vardır.

WBAN'ların bir diğer problemi de enerji tüketimidir. WBAN yapısındaki algılayıcıların bir kısmı insan vücudunun içerisine yerleştirilebilmektedir. Vücut içerisinde olan algılayıcıların pillerinin her zaman değiştirilmesi mümkün olmayabilir. Bu sebeple özellikle vücut içerisinde olan algılayıcı düğümlerin enerji tüketimlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bilindiği üzere bir algılayıcı düğüm en fazla enerjiyi çevreden ölçtüğü değerleri diğer bir düğüme ya da merkezi birime gönderirken harcamaktadır. Bu yüzden toplanan veri en az düğüm üzerinden ya da doğrudan gideceği yere gönderilmelidir. Ayrıca WBAN'lar algılayıcı düğümlerin ölçtüğü bilgileri gerekli yere göndermek için bir yerel ya da geniş alan ağına bağlı kalmalıdırlar.

Şekil 1'den görüleceği üzere WBAN ağ mimarisi 3 katmandan oluşmaktadır. İlk katman, vücut alan ağı olarak ifade edilen vücuttaki algılayıcı düğümlerin oluşturduğu katmandır. Bu katmanda, fizyolojik sinyaller hasta vücudundan algılayıcılar yardımı ile toplanmaktadır.



Şekil 1: WBAN yapısı.

İkinci katman, algılayıcı düğümlerden gelen verileri toplayan baz istasyonu ya da ağ koordinatörünün bulunduğu katmandır. Bu katmanın görevi algılayıcı düğümlerden gelen verileri, üçüncü katman olan sağlık merkezine iletmektir. Sağlık merkezi tarafından da gerekli müdahalenin hastaya yapılması sağlanmaktadır.

WBAN ile ilgili çalışmalar aslında WPAN'lar (Wireless Personal Area Networks) ile başlamıştır [9]. WPAN'lar en fazla 10 metre iletişim mesafesine sahip kablosuz ağlardır. Bir WPAN, PDA (Personal Digital Assistant), telefon ya da bilgisayar ekipmanları arasında kablosuz iletişim sağlamak amacıyla Zigbee, Bluetooth, HomeRF gibi teknolojilerin kullanılması ile oluşturulmaktadır. WBAN'ların WSN ve WPAN'lara çok benzemesinin yanında kullanım alanlarından dolayı farklı gereksinimler duyması nedeniyle IEEE tarafından 802.15.6 standardı geliştirilmiştir. Bu sayede düşük güç tüketimine sahip, veri oranı 10 Kb/s ile 10 Mb/s arasında değişen WBAN'lar için gerekli standartlar tanımlanmıştır [10]. WBAN'lar için genelde yıldız topolojisi kullanılmaktadır. Daha önce de belirtildiği üzere WBAN'da bazı algılayıcı düğümlerin vücut içerisinde olması mümkündür. Bu durum algılayıcı düğümlerin enerji kaynaklarının her zaman değiştirilebilmesini kısıtlamaktadır. Bu nedenle algılayıcı düğümlerin enerji tüketimleri en aza indirilmelidir. Bilindiği üzere bir algılayıcı düğüm en fazla enerjiyi veri gönderirken harcamaktadır. Yıldız topolojisinde her bir düğüm topladığı veriyi sadece kendi üzerinden göndereceği için en az düğüm üzerinden göndermesi gerekmektedir. Bu da enerji tüketimini en aza indirmektedir. Kablosuz Algılayıcı Ağlar için literatürde birçok protokol ve algoritma geliştirilmiştir [11]. WSN'ler için geliştirilen bu protokol ve algoritmalar WBAN'ların ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu durumu açıklamak için WSN ile WBAN'ların farklarını şu şekilde sıralayabiliriz:

Algılayıcı düğümlerin yerleşimi ve sıklığı: WBAN'da algılayıcı düğümlerin yerleşimleri çeşitli faktörlere bağlıdır. Düğümler insan vücuduna bilinçli bir şekilde yerleştirilmişlerdir ve bozulmalarında görevlerini yerine getirecek başka bir alternatif düğüm genelde olmamaktadır. WSN'lerde çok sayıda düğüm kullanılırken WBAN'larda düğüm sayısı az olmaktadır ve farklı özeliklere sahip düğümlerden oluşmaktadır. Ayrıca WBAN'da bazı düğümler vücut içerisinde olabileceğinden düğümün bozulmasında ya da pilinin değiştirilmesinde zorluklar yaşanabilmektedir.

Veri İletimi: WSN'lerde veriler düzensiz zaman aralıklarında gönderilmektedir. WBAN'larda ise veri iletimleri düzenli bir şekilde olmaktadır.

Hareketlilik: Vücudunda WBAN olan insanlar sürekli hareket halinde olabilmektedir. Fakat WSN'de düğümler sabit durumdadır.

Veri Oranı: WSN'lerde genelde düğümlerin ölçtükleri veriler aynı türde olmakta ve bu da sabit veri oranında iletim gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. WBAN'larda ise ölçülen değerler farklı tipte ve boyutta olduğundan dolayı sabit bir veri oranında iletim olmamaktadır.

Veri Gizliliği: WSN'lerde veri gizliliği düşük olabilmekte fakat WBAN kullanan bir hastanın bilgilerinin korunması bakımından veri gizliliği önem kazanmaktadır.

Veri Kaybı: WSN'lerde düğüm sayısı çok olmasından ve birbiri üzerinden haberleşebilmelerinden dolayı veri kaybı olabilmekte, veriler sık aralıklarla ve birden fazla düğüm ile gönderildiğinden dolayı veri kaybı önemsenmeyebilmektedir. WBAN'larda ise bir bilgiyi genelde bir algılayıcı düğüm ölçtüğü için veri kaybı çok önemlidir.

Ortam erişim kontrol protokolleri (Medium Access Control, MAC) algılayıcı düğümlerin RF modüllerini kontrol ederek ortalama enerji tüketimini en aza indirebilmektedir. WSN'ler için önerilen MAC protokolleri merkezi ve çekişme tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Merkezi tabanlı olarak önerilen MAC protokollerinde TDMA yönteminin özellikleri kullanılırken, çekişme tabanlı olarak önerilen MAC protokollerinde çoğunlukla CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance) yöntemi temel alınmaktadır.

Bu çalışmada, WBAN'ların özellikleri dikkate alınarak TDMA tabanlı trafik duyarlı bir MAC protokolü tasarımı amaçlanmıştır. Oluşturulan WBAN'da algılayıcı düğümler kendilerine tahsis edilmiş zaman dilimlerinde ve gerektiğinde verilerini gönderebilmektedir. Böylece, düğümlerin sürekli ortamı dinlemesi ve veri göndermesi gerekmediğinden dolayı enerji tüketimleri en aza indirilmiştir.

3 Trafik Duyarlı WBAN

3.1 Tasarlanan WBAN MAC Algoritması

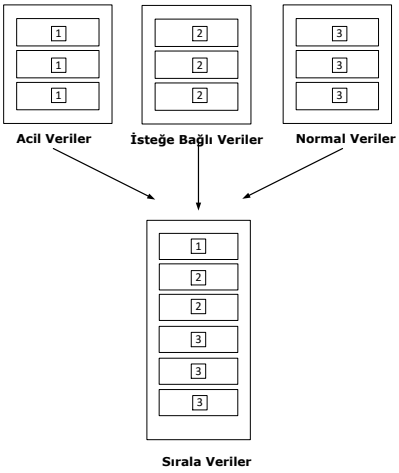
Algılayıcı düğümlerin konumlarının sabit olması ve her zaman gönderecek verilerinin olmaması sebebiyle WBAN'larda çekişme tabanlı MAC (CSMA/CA gibi) protokollerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Sürekli gönderecek verisinin bulunmaması, gönderecek verisinin olduğu durumlarda iletime geçmesi ve aynı zamanda enerji verimliliği göz önüne alındığında zamanlama tabanlı MAC protokollerinin WBAN'larda kullanılması daha uygun olmaktadır [2].

TDMA tabanlı MAC protokolleri zamanın belirli parçalara bölünmesi esasına göre tasarlanmaktadır. Bu protokollerde her bir düğüm kendine ayrılmış zaman dilimlerinde veri iletimini gerçekleştirir. Düğüme ait zaman diliminde gönderecek verisinin bulunmaması durumunda ayrılan zaman boş olarak geçirilir. Böylece oluşabilecek muhtemel bir çarpışma ve dolayısıyla tekrar göndermenin önüne geçilmiş olunmaktadır. Yıldız topolojilerin kullanıldığı WBAN gibi uygulamalarda çoğunlukla TDMA tabanlı MAC'ler kullanılmaktadır.

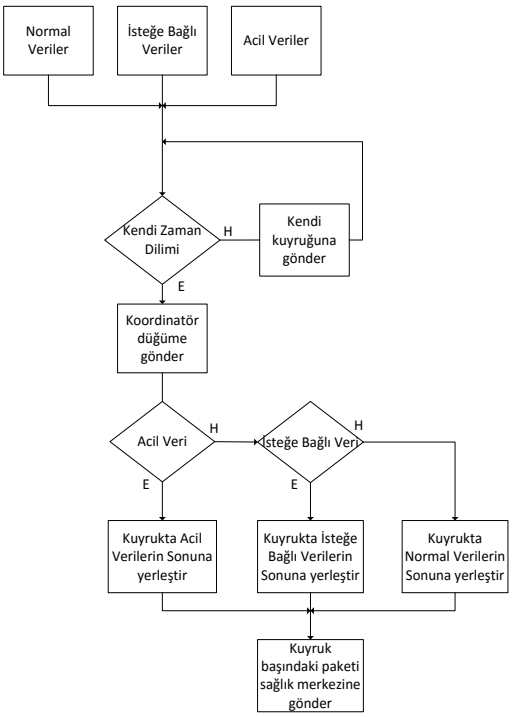
Oluşturulan WBAN yapısında, çeşitli fizyolojik büyüklükleri ölçüp koordinatör düğüme gönderebilen algılayıcı düğümler bulunmaktadır. Bu düğümlerin ölçtükleri büyüklüklerin çeşitliliği göz önüne alındığında, birbirlerine göre daha fazla önem arz eden büyüklüklerin olması muhtemeldir. Çalışmamızdaki fiziksel büyüklükler önem sırasına göre üç kısma ayrılmaktadır. Hayati öneme sahip değerleri ölçen düğümlerin verileri Acil, orta öneme sahip düğümlerin verileri İsteğe Bağlı, daha az öneme sahip ve değişiminde hayati bir durum oluşturmayacak olan düğümlerin verileri de Normal veriler olarak sınıflandırılmıştır. Acil veriler: elektrokardiyografi (ECG), kalp ritmi, vücut ısısı; İsteğe Bağlı veriler: solunum oranı, hastanın pozisyonu (konum bilgisi, düşme, yatma, ayakta durma durumları, vs.); Normal veriler ise elektroensefalografi (EEG), elektromiyografi (EMG) gibi biyolojik veriler olabilmektedir [12].

WBAN verilerinin öncelik sırasına göre kuyrukta sıralanışı Şekil 2'de gösterilmektedir. Koordinatör düğümün kuyruğu M/G/1 kuyruk modeli dikkate alınarak tasarlanmıştır. Ayrıca gelen verilerin önem sırasına göre sıralanması için Engellemeyen Öncelikli (Non-preemptive Priority) kuyruk kullanılmıştır. Kuyrukta işlem gören bir paket varken, kuyruğa

daha öncelikli bir paket gelirse, o anki paket işlemini bitirdikten sonra daha öncelikli paketin işleme alınması mantığı esastır. Şekil 3'te çalışmada amaçlanan veri trafiği öncelikli WBAN algoritmasının akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 2: Acil, isteğe bağlı ve normal verilerin koordinatör kuyruğunda sıralanışı.



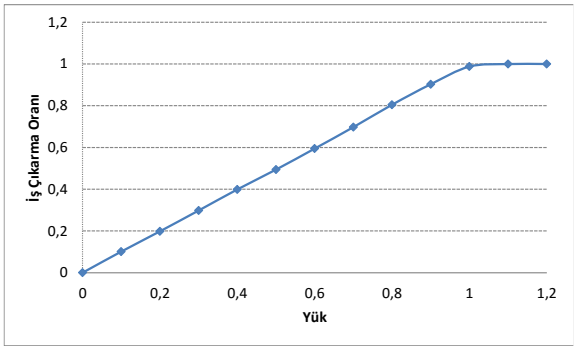
Şekil 3: Trafik öncelikli ortama erişim yönteminin algoritması.

4 Benzetim Modeli ve Sonuçlar

Geliştirilen yöntem OPNET MODELER programında tasarlanan WBAN yapısına uygulanmıştır. Tasarlanan WBAN üç farklı veri trafiğine sahip algılayıcı düğümlerden ve bir koordinatör düğümden oluşmaktadır. Algılayıcı düğümler Acil, İsteğe Bağlı ve Normal öncelikli verileri toplayarak bir koordinatör düğüme göndermektedirler. Koordinatör düğümde alınan veriler öncelik sırasına göre gönderim kuyruğunda sıralanmaktadır.

Acil önceliğe sahip veriler, insan vücudundaki çeşitli fizyolojik değerlerin belirli bir eşik değerini geçmesi sonucunda gönderilmektedir. Ayrıca bu verilerin ne zaman gönderileceği de tespit edilememektedir. İsteğe Bağlı veriler ise sağlık merkezi tarafından bilinmesine ihtiyaç duyulduğu zamanlarda gönderilen verilerdir. Normal veriler de, belirli zaman aralıklarında koordinatör düğüme gönderilen verilerdir. Bu verilerin sürekli olarak koordinatör düğümün kuyruğunda bulunması muhtemeldir. Tasarlanan TDMA tabanlı WBAN ağ yapısında, on adet kablosuz algılayıcı düğüm bulunmaktadır. Her bir algılayıcı düğüm İlk Giren İlk Çıkar (First In First Out, FIFO) kuyruk yapısına sahiptir. Bir çerçevedeki zaman dilimi sayısı algılayıcı düğümlerin toplam sayısına eşittir.

İş çıkarma oranı (Throughput) ağ uygulamalarında sıkça kullanılan bir başarım ölçütüdür. Bu sebeple, OPNET MODELER'de tasarlanan TDMA yapısının başarım analizi için iş çıkarma oranı incelenmiştir. İş çıkarma oranı, bir ağ ortamında başarılı bir şekilde alınan toplam paket sayısı olarak tanımlanmaktadır [13]. Yük ise bir ağa birim zamanda sunulan paket sayısı olarak ifade edilmektedir. Amaçlanan TDMA tabanlı WBAN'da iş çıkarma oranı, bir zaman diliminde koordinatör düğüm tarafından alınan ortalama paket sayısı olmaktadır. Yük 1'den az olduğu durumlarda iş çıkarma oranı yüke eşit olmakta, yükün 1'e eşit ya da 1'den büyük olduğu durumlarda ise iş çıkarma oranının 1'e eşit olması gerekmektedir [14]-[16]. Şekil 4'te, tasarlanan TDMA tabanlı WBAN'ın iş çıkarma oranı ve yük grafiği verilmiştir.



Şekil 4: Çalışmadaki WBAN'ın iş çıkarma oranı ve yük grafiği.

Şekil 4'den de görüleceği üzere, ağ yükü 0.1'den 1'e kadar iş çıkarma oranı da aynı şekilde artmıştır. Ağ yükünün 1 ve 1'den sonraki değerleri için iş çıkarma oranı 1'de sabit kalmaktadır.

Tasarlanan WBAN farklı trafik öncelikli verilere sahip olduğu için sağlık merkezine bu paketlerin geliş süreleri de önem arz etmektedir. Paketlerin kaynak tarafında ilk bitinin üretildiği andan hedef tarafında son bitinin elde edildiği ana kadar geçen süre uçtan-uca gecikme olarak tanımlanmaktadır [17]. Ayrıca, kablosuz sistemlerin tasarlanması aşamasında en önemli başarım değerlendirme parametreleri arasında yer aldığından, WBAN'lar için de göz önünde bulundurulması gereken bir ölçüttür.

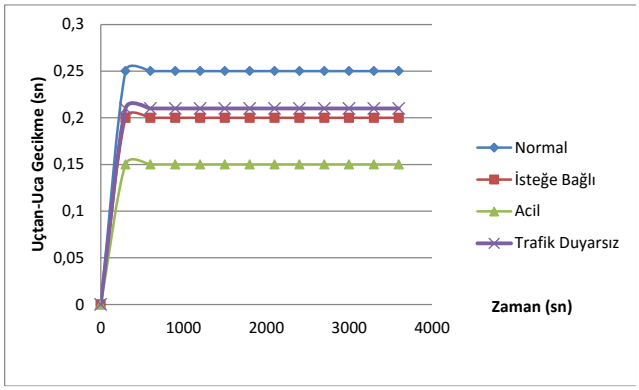
İlk benzetim senaryosunda, Normal, İsteğe Bağlı ve Acil önceliklere sahip veri paketlerinin aynı boyutta oldukları varsayılmıştır. Farklı önceliklere sahip bu verilerin uçtan-uca gecikmelerini göstermek için üç farklı trafiğe sahip üç algılayıcı düğüm, kendisine gelen paketleri öncelik sırasına koyacak ve sağlık merkezine gönderecek bir koordinatör düğüm ve bir sağlık merkezi bilgisayarından oluşmaktadır. Benzetim parametreleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Şekil 5'ten görüleceği üzere acil önceliğe sahip veriler sağlık merkezi birimine en düşük uçtan-uca gecikme ile gönderilirken, isteğe bağlı ve normal veriler sırasıyla biraz daha yüksek uçtan-uca gecikme ile gönderilmektedir.

Bu sonuçlar amaçlanan trafik öncelikli WBAN algoritmasının veri trafiklerinin öncelik sırasına göre işlem yaptığını göstermektedir. Şekil 5'te ayrıca aynı senaryoda tüm veri trafiklerinin aynı önceliğe sahip (trafik duyarsız) olduğu benzetim sonuçları da verilmiştir. Bu senaryoda paket boyutları ve paket üretim sıklıkları sabit olduğundan dolayı benzetim boyunca uçtan-uca gecikme sonuçları sabit değerlerde olmaktadır.

Tablo 1: Benzetim parametreleri.

Parametre	Değer
Benzetim Süresi	3600 sn
Zaman Dilimi Genişliği	100 ms
Veri İletim Hızı	1 Mbps
Frekans	2.4 GHz
Zaman Dilimi Sayısı	10
Kanal Modeli	Engelsiz Yayılım (Free Space Propagation) Modeli
Paket Büyüklüğü	1024 Bit
Normal Veri Üretim Sıklığı	0.1 paket/sn
İsteğe Bağlı Veri Üretim Sıklığı	0.3 paket/sn
Acil Veri Üretim Sıklığı	0.5 paket/sn



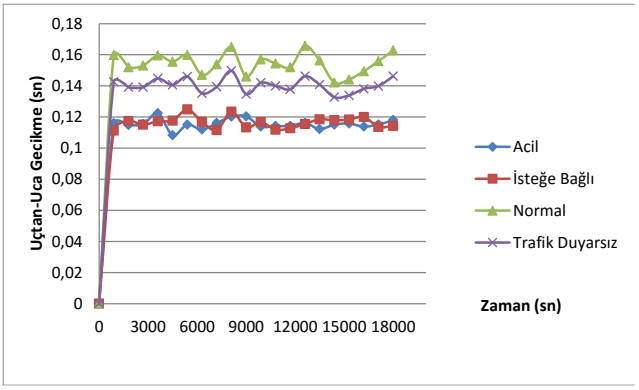
Şekil 5: Birinci benzetim senaryosunun uçtan-uca gecikme sonuçları.

İkinci benzetim senaryosunda paket boyutları ve paket üretim sıklıkları üstel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'de ikinci benzetim senaryosunun parametreleri verilmiştir.

Tablo 2: Benzetim parametreleri.

Parametre	Değer
Benzetim Süresi	5 saat
Zaman Dilimi Genişliği	10 ms
Veri İletim Hızı	10 Mbps
Frekans	2.4 GHz
Zaman Dilimi Sayısı	10
Kanal Modeli	Engelsiz Yayılım (Free Space Propagation) Modeli
Paket Büyüklüğü	1000 Bit (üstel dağılım)
Normal Veri Üretim Sıklığı	0.2 paket/sn (üstel dağılım)
İsteğe Bağlı Veri Üretim Sıklığı	0.5 paket/sn (üstel dağılım)
Acil Veri Üretim Sıklığı	1.0 paket/sn (üstel dağılım)

İkinci benzetim senaryosunun farklı veri trafiklerine ait uçtan-uca gecikme sonuçları ve aynı senaryonun trafik duyarsız bir şekilde gerçekleştirildiğindeki uçtan-uca gecikme sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir. İkinci senaryoda paket boyutları ve paket üretim sıklıkları üstel biçimde üretildiği için uçtan-uca gecikme sonuçları benzetim süresi içinde değişkenlik göstermektedir.



Şekil 6: İkinci benzetim senaryosunun uçtan-uca gecikme sonuçları.

5 Sonuçlar

Bu çalışmada veri trafiği öncelikli bir WBAN oluşturulmuştur. Bu ağ yapısı, farklı önceliklere sahip veri trafikleri üreten kablosuz vücut algılayıcılarından meydana gelmektedir. Algılayıcı düğümlerden gelen veri paketleri koordinatör düğüm tarafından toplanarak öncelik sırasına göre kuyrukta dizilmekte ve sağlık merkezi birimine gönderilmektedir. Öncelik durumu yüksek olan verilerin diğer paketlere göre daha az uçtan-uca gecikme ile sağlık merkezine gönderilmesi sağlanmıştır.

6 Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmektedir (Proje No : 2013.07.02.191).

7 Kaynaklar

[1] OPNET. "OPNET (Riverbed) Modeler Software". http://www.riverbed.com/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html (16.04.2014).

[2] Karahan A, Ertürk İ, Atmaca S, Çakıcı S. "TDMA Tabanlı Kablosuz Algılayıcı Ağ Ortam Erişim Kontrol Protokolleri İçin Genel Analitik ve Benzetim Modelleri". *SDU International Technologic Sciences*, 5(1), 128-141, 2013.

[3] Kong R, Chen C, Yu W, Yang B, Guan X. "Data Priority Based Slot Allocation for Wireless Body Area Networks". *Wireless Communications & Signal Processing (WCSP), 2013 International Conference on*, Hangzhou, China, 24-26 October 2013.

[4] Shuai J. Zou W, Zhou Z. "Priority-Based Adaptive Timeslot Allocation Scheme for Wireless Body Area Network". *2013 13th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT),* Surat Thani, Thailand, 4-6 September 2013.

[5] Wang L, Liu K. "An Energy-Efficient and Low-Latency MAC Protocol for Wireless Sensor Networks". *IEEE 2007 International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications*, Hangzhou, China, 16-17 August 2007.

[6] Xu G, Song Q, Qiu L, Tian C, Yang L. "A Priority Scheduling Algorithm for Improving Emergent Data Transmission Rate in the Body Area Networks". *2013 International Conference on Sensor Network Security Technology and Privacy Communication System (SNS & PCS),* Nangang, Taipei, Taiwan, 18-19 May 2013.

[7] Rezvani S, Ghorashi SA. "Context Aware and Channel-Based Resource Allocation for Wireless Body Area Networks". *Wireless Sensor Systems, IET*, 3(1), 16-25, 2013.

[8] Kim B, Cho J. "A Novel Priority-Based Channel Access Algorithm for Contention-Based MAC Protocol in WBANs". *In Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC '12)*, Kuala Lumpur, Malaysia 20-22 February 2012.

[9] Jang CS, Lee DG, Han JW, Park JH. "Hybrid Security Protocol for Wireless Body Area Networks". *Wireless Communications and Mobile Computing*, 11(2), 277-288, 2011.

[10] Selimis G, Huang L, Massé F, Tsekoura I, Ashouei M, Catthoor F, Huisken J, Stuyt J, Dolmans G, Penders J, De Groot H. "A Lightweight Security Scheme for Wireless Body Area Networks: Design, Energy Evaluation and Proposed Microprocessor Design". *Journal of Medical Systems*, 35(5), 1289-1298, 2011.

[11] Akyildiz IF, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. "Wireless Sensor Networks: a Survey". *Computer Networks*, 38(4), 393-422, 2002.

[12] Ahmad A, Riedl A, Naramore WJ, Nee-Yin Chou Alley MS. "Scenario-Based Traffic Modeling for Data Emanating from Medical Instruments in Clinical Environment". *2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering*, Los Angeles, California, USA, 31 March 2009-2 April 2009.

[13] Cavalcanti FRP, Andersson S. *Optimizing Wireless Communication Systems*, 1st ed. USA, Springer US, 2009.

[14] Li H, Grace D, Mitchell PD. "Throughput Analysis of Non-Persistent Carrier Sense Multiple Access Combined with Time Division Multiple Access and its Implication for Cognitive Radio". *IET Communications*, 4(11), 1356-1363, 2010.

[15] Chan WC. *Performance Analysis of Telecommunications and Local Area Networks*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Springer Science & Business Media, 2002.

[16] Pahlavan K, Krishnamurthy P. "Networking Fundamentals, Wide, Local and Personal Area Communications". London, Wiley, 2009.

[17] Stallings W. "Wireless Communications & Networks". Pearson Prentice Hall, 2005.