

WiMAX Ağlarda Çoklu Ortam Trafiklerinin OPNET Kullanarak Başarım Analizi

¹İbrahim Nalbatçı, ^{*2}Cüneyt Bayılmış, ³Murat İskefiyeli, ⁴İsmail Kırbaş

^{1,4}Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye

^{*2}Teknoloji Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Türkiye

³Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

WiMAX genişbant haberleşme sistemi kullanıcılara yüksek hızda ve düşük maliyetlerle iletişim imkânı sunan bir kablolu ağ teknolojisidir. WiMAX geniş kapsama, yüksek bant genişliği, güvenilirlik, esneklik, kolay kurulum gibi özellikleri ile kablolu eşleniklerine alternatif bir çözüm sunar. Bu çalışmada WiMAX teknolojisi ele alınmakta ve kullandığı servis sınıfları ses trafiği açısından karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. WiMAX ve benzer birçok ağ sisteminin iş çıkarma oranı (throughput) başarımını etkileyen başlıca faktörler servis kalitesi desteği, kullanılan modülasyon teknikleri, kod oranı, bant genişliği tahsisi, hata düzeltme yeteneği şeklinde özetlenebilir. WiMAX ağlarda, ortamda taşınan trafik türüne uygun gelişmiş servis sınıfları bulunmaktadır. Servis kalitesi uçtan uca ölçülmesi gereken bir değer olup başarımla ve gecikme cinsinden hesaplanabilir. Bu çalışmada OPNET programında gerçekleştirilen bir benzetim ile uygun servis sınıflarının kullanılmasının, modülasyon yöntemi seçiminin ve kod oranının iş çıkarma oranının başarımına etkisi incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: WiMAX, Servis Kalitesi, Başarım Analizi, OPNET

Performance Analysis of Multimedia Traffics in WiMAX Networks Using OPNET

Abstract

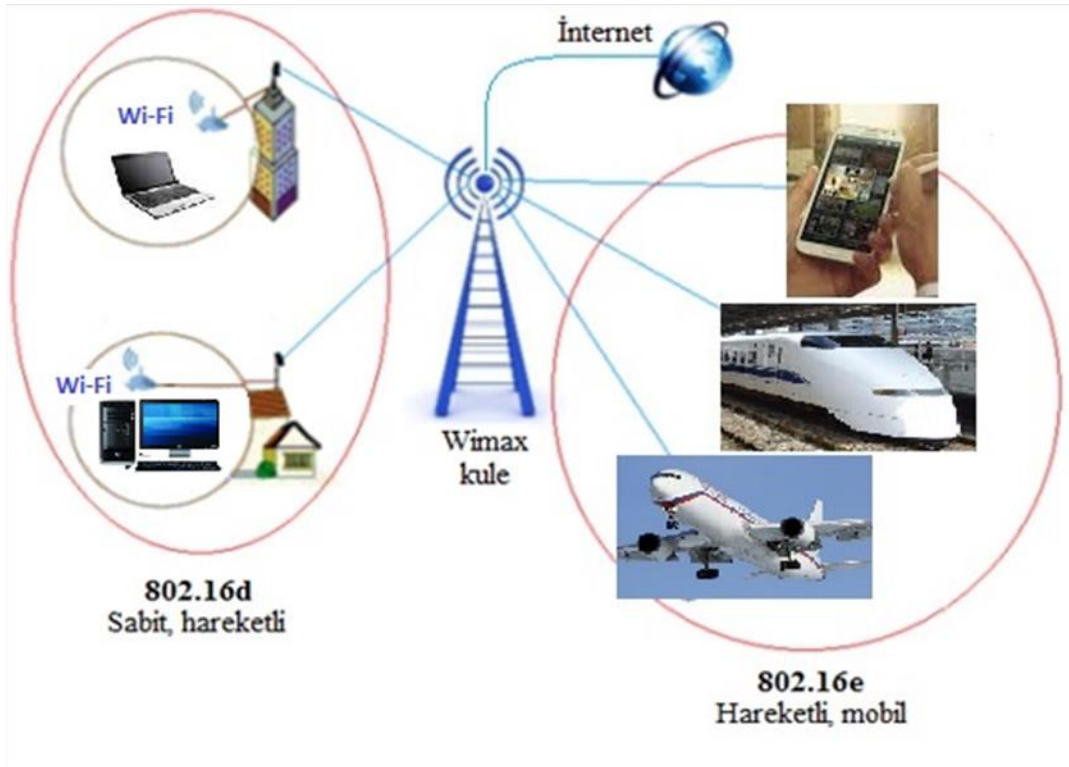
WiMAX broadband communication system is a wireless network technology that offers low cost and high-speed communication to users. WiMAX which has several significant features such as wide coverage, high bandwidth, reliability, flexibility and easy to install etc. offers an alternative solution against wired equivalents. In this study, WiMAX technology is discussed and service classes are analysed with respect to the voice traffic. The main factors affecting throughput performance of WiMAX and many similar network systems can be summarized in the form of the quality of service support, modulation techniques used, code rate, bandwidth allocation and error correction capability. WiMAX networks have advanced service classes in accordance with the type of traffic carried. Quality of service is a value which must be measured of end-to-end and it can be calculated in terms of performance and latency. This study investigates the effect of the use of appropriate service classes, selection of a modulation method and code rate over the throughput performance of a network using a simulation model, which is developed in OPNET software.

Keywords: WiMAX, Quality of Service (QoS), Performance Analysis, OPNET

1. Giriş

Son zamanlarda akıllı telefonlar, taşınabilir bilgisayarlar gibi mobil cihazlarda yaşanan hızlı gelişmeler ile birlikte bu tür cihazlardan, bulunan her noktadan internete bağlanma, görüntülü konuşma, video transferi gibi yüksek veri iletim hızlarına sahip uygulamaları desteklemeleri de beklenmektedir. Bu tür yüksek veri iletim hızları ancak kablosuz genişbant haberleşme sistemleri ile sağlanabilir.

IEEE 802.16 olarak standartlaştırılan WiMAX (Worldwide Interoperability Microwave Access) kablosuz genişbant iletişim sistemi kullanıcılara her yerden, her zaman yüksek hızda internet erişimi, yüksek kalitede sesli iletişim olanağı gibi çoklu ortam hizmetleri sağlar [1-3].



Şekil 1. WiMAX ağların kullanım alanları

WiMAX sistemlerin sunduğu avantajlar arasında düşük maliyet, yüksek kapasite ve geniş kapsama alanı, görüş menzili olmaksızın çalışabilme, yüksek bant genişliği, esnek ve kolay kurulum, servis kalitesi desteği, güvenlik, ölçeklenebilirlik ve hareketlilik sayılabilir [4].

Servis kalitesi (Quality of Service, QoS), ses ve video gibi yüksek kapasiteli verilerin alıcılara ne kadar başarılı ulaştırıldığını belirleyen bir ölçüttür. İyi bir servis kalitesinin değerine zarar veren temel faktörler; gecikme, gecikme değişimi (jitter) ve paket kaybıdır.

Gecikme noktadan noktaya ölçülmesi gereken bir değerdir. Örneğin bir video işareti iletiminde taşınan video çerçeveleri arasındaki gecikme 100 ms ya da üzerinde olursa görüntüde kopmalar meydana gelir ve bunun bir canlı yayın olduğu düşünülürse yayının kalitesi ciddi oranda düşmüş olur. Bu tür olumsuzluklar kullanıcıların hiç bir zaman karşılaşmak istemeyeceği durumlardır.

Ülkemizde WiMAX teknolojisi lisanslı olarak henüz kurulmamıştır. Ancak altyapı ve lisans çalışmaları tamamlandığı takdirde WiMAX'in hem sabit hem de mobil uygulamaları için öncelikle 3400 – 3600 MHz frekans bandı aralığı düşünülmektedir, ikinci bir yaklaşım olarak yine hem sabit hem de mobil uygulamalar için 2.5 GHz frekansı değerlendirilmektedir [5]. WiMAX teknolojisi lisanssız olarak bazı illerimizde çeşitli kamu kurumları ve özel kuruluşlar tarafından Bilişim Teknolojileri Kurulu (BTK) izni ile belli zaman dilimlerinde denenmiştir. Hacettepe Üniversitesi, Yozgat Türk Telekom, Borusan Telekom ve İletişim Hizmetleri A.Ş., Türk Telekomünikasyon A.Ş., Orta Doğu Yazılım Hizmetleri A.Ş. gibi kuruluşlar süreli lisanslar ile bu teknolojiyi kullanmışlardır.

2. WiMAX Ağlar

WiMAX ağ mimarisi, 2001 yılında IEEE 802.16 standardının onaylanması ile gelişimine başlamıştır ve bu mimari zamanla kapsama alanı, sabit-gezgin iletişim olanağı ve bant genişliği gibi özelliklerinin geliştirilmesi ile farklı standartlar altında ilerleme göstermiştir. Bu standartlar gelişim sürecine göre 802.16, 802.16a, 802.16d (802.16-2004) ve 802.16e (802.16-2005) ve 802.16m (WiMAX 2)'dir. WiMAX standartlarını birbirinden ayıran en büyük fark sabit ya da mobil oluşlarıdır. 802.16-2004 standardına kadar WiMAX mobiliteyi desteklemeyen yapıdadır. WiMAX'in mobilite desteği 802.16e standardı ile geliştirildi. Bu gelişim WiMAX'in günlük yaşama hızla girmesine, kullanıcılarının yaygınlaşmasına destek sağlamıştır. WiMAX mimarisi,

Intel, Samsung, Fujitsu, AT&T gibi önde gelen teknoloji firmalarının oluşturduğu WiMAX Forum Grubu tarafından geliştirilmektedir Tablo 1’de WiMAX standartlarının gelişim süreci verilmektedir.

Tablo 1. IEEE 802.16 standartlarının gelişimi

802.16-2004				802.16-2005	802.16-2011
802.16	802.16a	802.16d		802.16e	802.16m
Sabit Genişbant Kablosuz 10-66 GHz	Sabit Genişbant Kablosuz 2-11 GHz	Sabit ve hareketli uygulamalar 2-11 GHz	Sistem Temelleri 802.16a	Sabit, hareketli ve mobil uygulamalar 2-6 GHz	Sabit, hareketli ve mobil uygulamalar 4G standardına uyumlu 2.3-3.5 GHz
2001	2003	2004		2005	2011

WiMAX bünyesinde geliştirilen son standart olan IEEE 802.16m, bir standart adı olmasının ötesinde WiMAX 2 olarak kabul görmüştür. WiMAX Forum grubu 802.16m standardı ile WiMAX teknolojisinin, LTE gibi yeni nesil bir teknoloji karşısında popülaritesini kaybetmemesini ve 4G standardına dahil olabilmesini hedeflemiştir. Bu çalışmaların bir neticesi olarak WiMAX 802.16m, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunications Union, ITU) tarafından 4G standardı olarak onaylandı. ITU aynı zamanda LTE-Advanced’ı da 4G standardı olarak onaylamıştır [6-7].

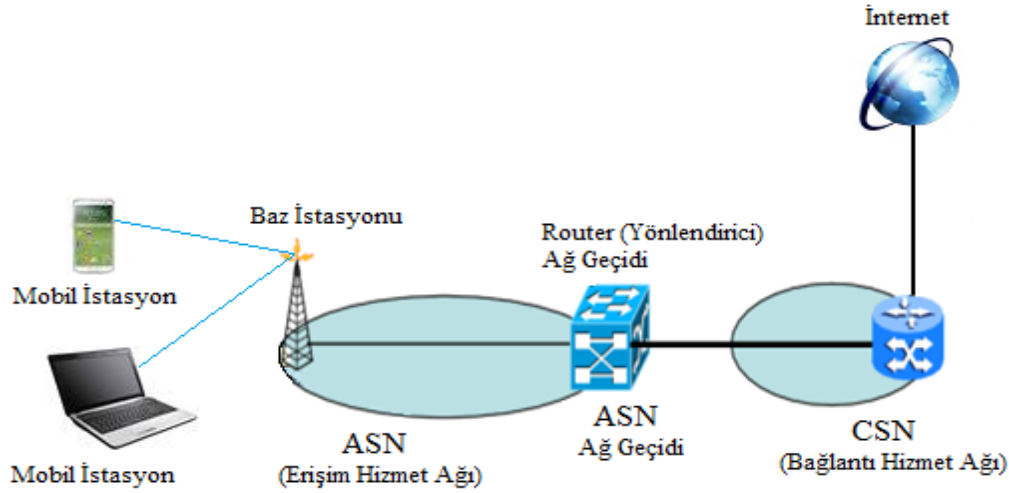
Tablo 2’ de WiMAX standartlarının özellikleri listelenmektedir

Tablo 2. WiMAX standartlarının özellikleri [8]

Standart	802.16	802.16a	802.16d (802.16-2004)	802.16e (802.16-2005)	802.16m (Wimax2)
Standart Yılı	Ekim 2001	Ocak 2003	Haziran 2004	Aralık 2005	Şubat 2011
Frekans Spektrumu	10-66 GHz	2-11 GHz	2-11 GHz	2-11 GHz -sabit 2-6 GHz -mobil	2.3-3.5 GHz
Haberleşme Özelliği	Doğrudan görüş hattı gerekir	Doğrudan görüş hattı gerekmez	Doğrudan görüş hattı gerekmez	Doğrudan görüş hattı gerekmez	Doğrudan görüş hattı gerekmez
Bant Genişliği	32-134 Mbit/s	20 MHz de 75 Mbit/s	15 Mbit/s a kadar çıkabilir.	15 Mbit/s a kadar çıkabilir.	360 Mbit/s (teorik)
Modülasyon	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	OFDM 256, 64-QAM, 16-QAM, QPSK	OFDM 256, OFDMA, 64-QAM, 16-QAM, QPSK	OFDM 256, OFDMA, 64-QAM, 16-QAM, QPSK	OFDM 256, OFDMA, 64-QAM, 16-QAM, QPSK
Hareketlilik	Sabit uygulamalar	Sabit uygulamalar	Sabit ve hareketli uygulamalar	Hareketli ve mobil uygulamalar	Hareketli ve mobil uygulamalar
Kanal Bant Genişliği	20,25 ve 28 MHz	1.25-20 MHz arasında seçilebilir.	1.25-20 MHz arasında seçilebilir.	1.25-20 MHz arasında seçilebilir.	1.25-20 MHz arasında seçilebilir.
Hücre Yarıçapı	1.6-5 km	50 km'lik mesafelere kadar kapsama	50 km'lik mesafelere kadar kapsama	1.6-5 km	75 km

2.1. WiMAX Ağ Yapısı

Bir WiMAX ağı temel olarak Şekil 2’de görülen bileşenlerden oluşmaktadır.



Şekil 2. WiMAX ağ yapısı

Ağ yapısında yer alan erişim hizmet ağı (ASN); belirli bir coğrafik bölgeye WiMAX kablosuz erişimini sağlayan bir ya da daha fazla ağ geçidinden (ASN Gateway) oluşur. ASN, ortam erişim kontrol (MAC) fonksiyonlarının (konumlandırma, numaralandırma, baz istasyonları arasında taşınabilirlik gibi) yönetiminden sorumludur. Bağlantı Hizmet Ağı (CSN); bir ağ fonksiyonları kümesidir, görevi ise abone istasyonlarına IP bağlantısını sağlamaktır. CSN ağına erişim için ağ geçitlerini (gateway), yetkilendirme için yönlendiricileri, kullanıcı veritabanını tutmak için vekil ve girişim cihazlarını, IP'leri tutmak için ise sunucuları içerisinde barındırır [9].

WiMAX sistemi, noktadan çok noktaya ağları ve hücrel ağ topolojisini destekler. Noktadan çok noktaya modunda abone istasyonları yalnızca baz istasyonları ile konuşur. Hücrel modda ise bütün uç noktalar birbirleri ile doğrudan ya da bir abone istasyonu üzerinden dolaylı olarak iletişim kurabilirler. Bir WiMAX sistemi iki bölüm olarak düşünülebilir. WiMAX kulesi ve WiMAX alıcısı. Bir WiMAX kulesi ile yaklaşık 50 km yarıçapında bir alan kapsanabilmektedir. Kapsama alanı frekans, vericinin gücü ve alıcının hassasiyetine göre değişebilir. WiMAX alıcıları ve antenler ise günümüzde taşınabilir aygıtlara monte edilebilecek kadar küçültülmüştür.

2.2. WiMAX Ağlarda Kullanılan Modülasyon Teknikleri

WiMAX ağlar, uyarlamalı modülasyon ve kodlama (AMC-Adaptive Modulation and Coding) teknikleri kullanır. İletim yapılan kanalın verimliliğine göre veri iletim hızı ayarlanabilir. Kanal verimi yüksek olduğunda mümkün olan en yüksek hızda veri iletimi gerçekleştirilirken, kanal verimi düşük olduğunda veri kayıplarını önlemek için daha düşük veri iletim hızları tercih edilir.

IEEE 802.16e-2005 standardında yukarı ve aşağı yöndeki bağlantılar için tanımlanmış modülasyon türleri: QPSK, 16-QAM ve 64-QAM'dır [8]. Düşük veri hızları QPSK (Quadrature Phase Shift Keying-Dördün Faz Kaydırmalı Anahtarlama) gibi küçük işaret kümeleri ile elde edilirken, yüksek veri hızları ise QAM (Quadrature Amplitude Modulation-Dördün Genlik Modülasyonu) gibi geniş işaret kümeleri kullanarak elde edilir. Baz istasyonuna yaklaştıkça kanal kalitesi artar ve hata oranı düşer. Bu durumda yüksek veri hızı için gerekli modülasyon seçilir ve hata düzeltme oranı olarak daha düşük bir oran seçilir.

Modülasyon yöntemi seçilirken aynı zamanda aşağı yönde ve yukarı yönde veri aktarımı için kullanılan kod oranının da seçilmesi gerekmektedir. Salt verinin toplam çerçeveye oranı olarak ifade edebileceğimiz kod oranı sistemin başarımını önemli ölçüde etkilemektedir. Modülasyon sırasında kanal kalitesine göre kullanılan kod oranı $1/2$, $2/3$, $3/4$ değerlerinde seçilebilir.

WiMAX teknolojisinde sinyal çoklama tekniği olarak OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Dikgen Frekans Bölmeli Çoklama) tekniği kullanılır. Bu teknik veriyi kendisine ait frekans bandını verimli kullanabilmek için birbiriyle örtüşmesine izin verilen sınırlı sayıda farklı alt kanaldan paralel olarak gönderme ilkesine dayanmaktadır.

3. WiMAX Servis Sınıfları

IEEE 802.16 standardı kullanıcılar arasında bant genişliği paylaşımı için güçlü araçlar sunmaktadır, bu sayede bant genişliği paylaşımı kolaylaşmaktadır. İletişimin kalitesi için her kullanıcıya tahsis edilen bir servis planlaması vardır ve bu planlamaya QoS denmektedir. Bu

parametreyi temel alarak, baz istasyonu algoritması her uygulamaya gerekli olan bant genişliği miktarını tahsis etmektedir. İletişimin başlatılması ve sürdürülebilir olması için mutlaka her kullanıcıya bir servis sınıfı atamasının yapılması gerekir. Bu yapı sayesinde mevcut kaynaklar etkili ve dengeli bir şekilde dağıtılır, video uygulaması, ses aktarımı gibi gerçek zamanlı (real-time) uygulamalar ile karşılaşıldığında gerçek zamanlı uygulamaya bant genişliği tahsis etmek öncelik taşıyacaktır.

WiMAX ağlarda kullanılan servis sınıfları aşağıda sıralanmaktadır [4].

- Talep Edilmeden Verilen Servis (Unsolicited Grant Service, UGS)
- Gerçek Zamanlı Sorgulama Servisi (Real-Time Polling Service, rtPS)
- Gerçek Zamanlı Olmayan Sorgulama Servisi (Non-Real-Time Polling Service, nrtPS)
- En İyi Çaba (Best Effort, BE)
- Genişletilmiş Gerçek Zamanlı Sorgulama Servisi (Extended Real-Time Polling Service, ertPS)

1. UGS: Bu servis modeli VoIP gibi işaretlerin iletiminde, periyodik olarak sabit boyutlu ve gerçek zamanlı veri paketleri oluşturmak için kullanılır. Kullanıcı ile baz istasyonu arasında sabit bant genişliği ile başlangıçta bağlantı bir kez sağlanır ve haberleşmenin devamında kullanıcıdan başka herhangi bir isteğe gerek duyulmaz. Bağlantı mümkün olan en yüksek veri hızı ile sağlanır ve paketin düşeceği en fazla gecikme süresinin oluşması engellenir [4].

2. RTPS: Bu servis modeli video akışı gibi gerçek zamanlı ve periyodik olarak değişken boyutlu veri paketleri içeren servislerin akışını sağlamak için geliştirilmiştir. Bu model aynı zamanda değişken veri hızlarını da desteklemektedir. Baz istasyonu her aboneye ihtiyaç duyacağı bant genişliğini periyodik olarak sormalıdır.

3. NRTPS: Gerçek zamanlı olmayan, değişken devir boyutlu veri paketleri içeren (periyodik olmayan) servis akışı için geliştirilmiştir. Örneğin FTP (Dosya İletim Protokolü) iletimi için uygundur. Asgari olarak haberleşme en düşük veri hızında ya da imkan varsa daha yüksek bir hızda sağlanır. Gecikme olmayacağı garantisini vermez ki buna ihtiyaçta yoktur.

4. BE: Hiçbir şekilde gecikme yada başarım türünden servis garantisi gerektirmeyen ve bu yüzden elde edilen en iyi kaynak üzerinden veri akışının yürütülmesini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. BE yapısında, abonelere istek yoklama zorunluluğu yoktur. Bu yüzden bu model uzun süre hiç bir BE paket iletimi olmadan çalışabilir. Diğer sınıf türlerinden artan bant olursa bu sınıftaki abonelere tahsis edilir.

5. ERTPS: 802.16e standardı ile eklenen bu model UGS ve rtPS temeline dayalı bir servis modelidir. Baz istasyonu, istekleri UGS gibi talep edilmemiş biçimde sağlamakta ve böylece bant genişliği talep gecikmesinden korunmaktadır. Ancak UGS dağıtım boyutları sabitken ertPS dağıtım boyutları dinamikdir [4].

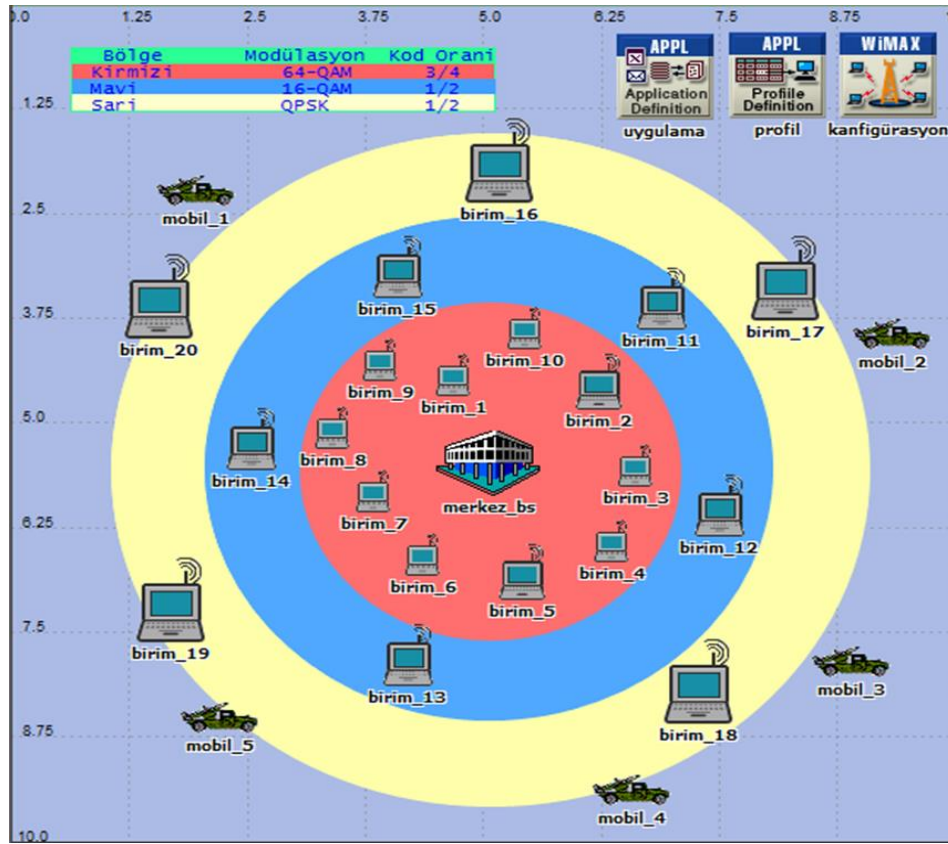
Tablo 3' de WiMAX servis sınıfları ve özellikleri yer almaktadır.

Tablo 3. WiMAX Servis Sınıfları ve Özellikleri [4]

Servis Sınıfı	Uygulama	QoS Özellikleri
Unsolicited Grant Service (UGS)	VoIP	Jitter toleransı Maksimum gecikme toleransı Maksimum sürekli hız
real-time Polling Service (rtPS)	Streaming Audio/Video	Trafik önceliği Maksimum gecikme toleransı Maksimum rezerve oranı Maksimum sürekli hız
non-real-time Polling Service (nrtPS)	FTP	Trafik önceliği Maksimum rezerve oranı Maksimum sürekli hız
Best Effort (BE)	Data transfer, web browsing	Trafik önceliği Maksimum sürekli hız
Extended real-time Polling Service (ertPS)	VoIP (Aktivite algılama ile VoIP)	Trafik önceliği Jitter toleransı Maksimum gecikme toleransı Maksimum rezerve oranı Maksimum sürekli hız

4. WiMAX Ağlarda OPNET Kullanarak Çoklu Ortam Trafiklerinin Başarım Analizi

Bu bölümde WiMAX kablosuz ağ sistemi tarafından desteklenebilen çoklu ortam uygulamalarının karakteristiklerini incelemek için OPNET Modeler 14.0 benzetim programı kullanılarak örnek bir hastane modeli gerçekleştirilmiştir. OPNET benzetim programı, haberleşme ağlarının modellenmesi için geliştirilmiş bir benzetim programıdır. Nesne tabanlı özellikleri ve sağladığı geniş uygulama desteğinden dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir. Benzetim için geliştirilen modelde 20 adet sabit birim ve 5 adet mobil birim yer almaktadır (Şekil 3). Modelde sabit ve mobil uygulamalar ile iletişim kurulacağı için IEEE 802.16e standardı tercih edilmiştir. WiMAX'te; kullanılan servis modeli, bant genişliği, seçilen QAM seviyesi, çerçeve boyutu, kod oranı, tampon boyutu, alt kanal sayısı, mesafe gibi parametreler throughput başarımını etkilemektedir.



Şekil 3. Benzetim modeli

Tablo 4’ de benzetim modelinde kullanılan simülasyon parametreleri yer almaktadır.

Tablo 4. Benzetim modeli parametreleri

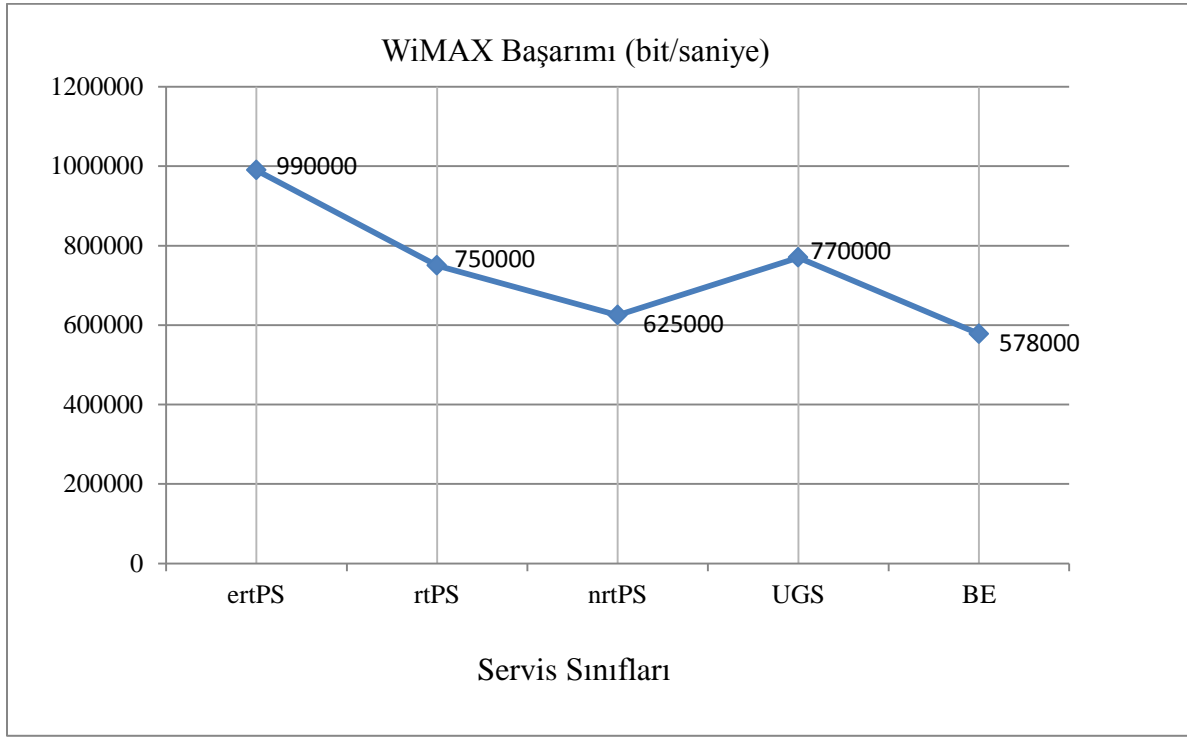
Parametre	Değer
Trafik tipi	Ses : GSM kalitesinde (GSM quality speech)
Modülasyon Tekniği	64-QAM (kırmızı bölge), 16-QAM (mavi bölge), QPSK (sarı bölge)
Frekans Bandı	5 GHz
Kanal Bant Genişliği	20 MHz
Güç (W)	Baz istasyonu: 0.5 Kullanıcı istasyonu: 0,5
Alış/Veriş Bit Hızı	20 Mbit/s
Kod oranı	3/4 (64-QAM), 1/2 (16-QAM), 1/2 (QPSK)
PHY Profil	OFDMA
Paket Boyutu	512 byte (aşağı ve yukarı)
Sembol periyodu	102,86 μ s
Çerçeve süresi	5 ms
Alt kanal sayısı	2048
Tampon boyutu	64 KB
Benzetim Süresi	60 dk

Benzetim modeli uygulama adımları aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

- Bölüm 4.1’ de ses sinyali transferinde servis modeli seçimi uygulaması.
- Bölüm 4.2’ de farklı modülasyon yöntemleri ile ses trafiği uygulaması.

4.1. Servis Modeli Seçimi

Benzetimin bu bölümünde, trafik türüne uygun servis modelinin seçiminin sistemin başarımına etkisi incelenmektedir. Şekil 4’de gerçekleştirilen model ile ses trafiği taşınması sırasında servis modeli seçiminin iş çıkarma oranı (throughput) başarımına etkisi görülmektedir.



Şekil 4. Ses sinyali transferinde servis modeli seçiminin etkisi

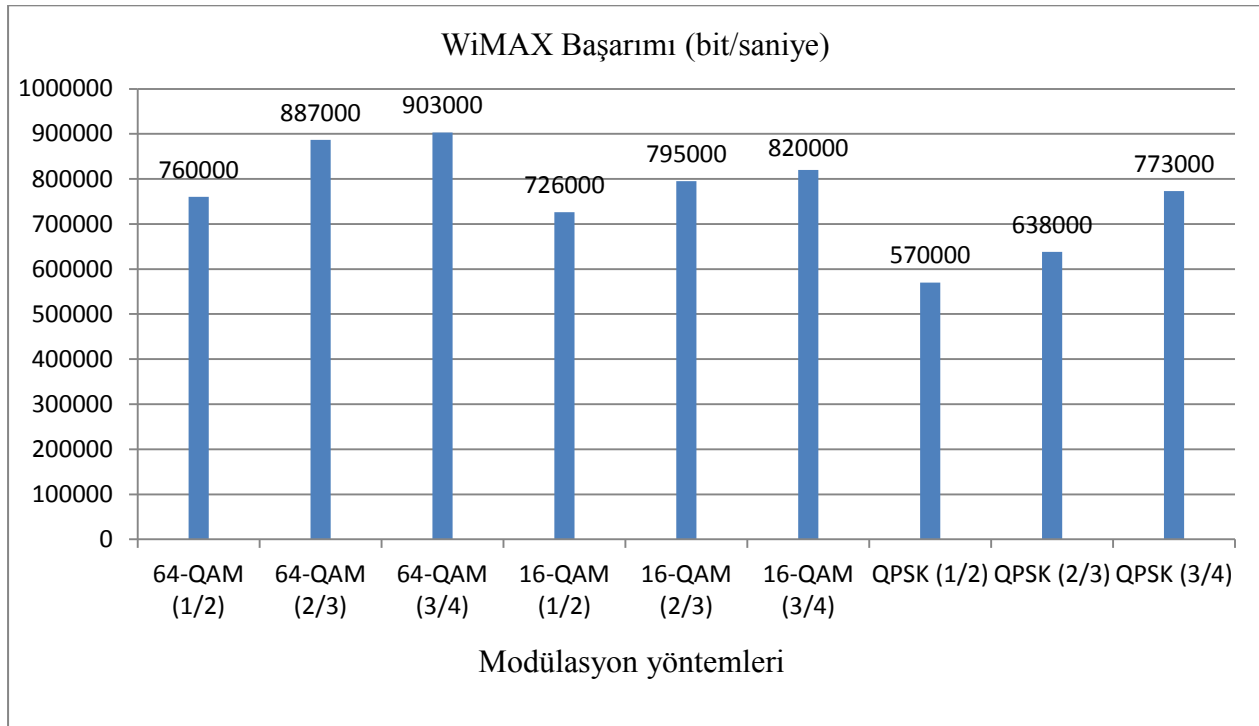
Şekil 4’de görüldüğü gibi benzetim 5 farklı servis sınıfı ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Burada en iyi başarımla ertPS servis modeli kullanıldığında elde edilmiştir ve 990000 bit/s değerindedir. UGS ve rtPS modellerinde ise başarımlar birbirine yakın değerde elde edilmiştir. UGS modelinde başarımla 770000 bit/s değerinde, rtPS modelinde 750000 bit/s değerindedir. nrtPS modeli gerçek zamanlı uygulamaları için uygun olmadığından sistemin başarımla bu modelde biraz daha düşmüştür ve 625000 bit/s değerindedir. BE servis modeli gecikme ya da başarımla türünden hiçbir şekilde servis garantisi vermediği ve haberleşme süresince herhangi bir istek yoklamasında bulunmadığı için başarımla en düşük seviyede kalmıştır, bu modeldeki başarımla 578000 bit/s değerindedir.

Ses sinyali transferi esnasında sinyalin karakteristiğine uygun şekilde gerçek zamanlı, gecikme toleranslı ve değişken devir boyutunu destekleyen bir servis modeli seçimi başarımla olumlu yönde etkilemektedir.

4.2. Modülasyon Yöntemi ve Kod Oranı Seçimi

Bölüm 2.2’de bahsedildiği gibi baz istasyonuna yaklaştıkça kanal kalitesi artar, bu sayede yüksek veri hızları tercih edilebilir; baz istasyonundan uzaklaştıkça kanal kalitesi düşer ve dolayısıyla iletim hızı içinde daha düşük hızlar tercih edilmesi gerekir. Yüksek veri hızları QAM yöntemi ile elde edilirken, düşük veri hızları QPSK yöntemi ile elde edilir. Kod oranı ise salt verinin toplam çerçeveye oranı olarak kabul edilir ve kod oranının artışı başarımı olumlu yönde etkilemektedir.

Benzetim modelinin bu bölümünde WiMAX başarımı incelenirken; birinci adımda her birimin kullanacağı modülasyon yöntemi 64-QAM ve kod oranı sırasıyla 1/2, 2/3 ve 3/4 seçilerek, ikinci adımda her birimin kullanacağı modülasyon yöntemi 16-QAM ve kod oranı sırasıyla 1/2, 2/3 ve 3/4 seçilerek, üçüncü adımda her birimin kullanacağı modülasyon yöntemi QPSK ve kod oranı sırasıyla 1/2, 2/3 ve 3/4 seçilerek benzetim gerçekleştirilmiştir. Benzetimde; Bölüm 4.1’den elde edilen sonuçlardan hareketle ertPS servis modeli kullanılmaktadır. Şekil 5’de kullanılan modülasyon yöntemleri ve kod oranlarına göre WiMAX başarımı görülmektedir.



Şekil 5. Modülasyon yöntemi ve kod oranı seçimi

Şekil 5’de sistemde herhangi bir kıstas gözetmeden sadece tek tip modülasyon yöntemi tercih edildiğinde sistemin başarımı kullanılan kod oranlarına göre görülmektedir. Şekil 5’de görüldüğü gibi kullanılan modülasyon yöntemi sistemin başarımına doğrudan etki etmektedir. Kod oranlarının artırılmasının başarım değerlerinde etkisi bu modelde sınırlı düzeydedir, ancak kullanılan modülasyon tekniği başarımı daha belirgin oranda etkilemektedir. Bu örnek model üzerinde tek tip modülasyon kullanılması neticesinde en uygun yöntemin 64-QAM (kod oranı 3/4) olduğu görülmektedir. Bu sonuç göstermektedir ki modelin kurulu olduğu yaklaşık 10 km mesafeli alanda oluşan iletişim kanalı yüksek hızlarda veri iletimine imkan verecek kalitededir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada WiMAX kablosuz ağ teknolojisi ele alınmış ve kullandığı servis sınıfları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen benzetim modeli ile ortamda taşınan trafik türüne uygun servis sınıfı seçiminin sistemin başarımına etkileri gözlemlenmiştir. İletim sırasında servis sınıfının dışında kullanılan modülasyon yöntemi, kod oranı, bant genişliği tahsisi, hata düzeltme oranı, alt kanal sayısı, tampon boyutu, mesafe gibi unsurlarda sistemin başarımını etkilemektedir. Benzetimin 2. bölümünde WiMAX’te kullanılan modülasyon sınıflarının ve kod oranının sistemin başarımına etkileri gözlemlenmektedir.

WiMAX ve benzer teknolojilerde kablosuz haberleşme gerçekleştirilirken bant genişliği sınırlaması, bağlantının sürekliliğinin korunması, yüksek veri kaybının önüne geçilmesi gibi zorlukların aşılması gerekmektedir. WiMAX teknolojisinin sinyal türlerine uygun servis sınıflarının seçimi ve uyarlamalı modülasyon yöntemleri sayesinde iletişim süresince verimlilik en üst seviyede tutulmakta, olası gecikmeler, paket kayıpları mümkün olan asgari düzeylere çekilmektedir.

Kaynaklar

- [1] WiMAX Forum, WiMAX an Efficient Tool to Bridge the Digital Divide, Nov 2005.
- [2] WiMAX (802.16e) Model User Guide (Tutorials).
- [3] İ. Nalbatcı, C. Bayılmış, M. İskefiyeli, “WiMAX Haberleşme Sisteminde Ses Trafiklerinin Video Trafik Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, in Proceedings of 1st International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, (June 7-9, Sakarya, Türkiye, 2013)
- [4] İ. Nalbatcı, WiMAX Kablosuz Ağlarda Çoklu Ortam Trafiklerinin Başarım Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2013.
- [5] M. Güngör, M.A. Tekin, R. Yılmaz, WiMAX: Diğer Genişbant Telsiz Erişim (GTE) Teknolojileri ile Karşılaştırılması, BTK, SAS Raporları, Ankara, 2009.
- [6] <http://freewimaxinfo.com/wimax-2-technology.html>, ErişimTarihi: 26.02.2013.
- [7] <http://www.3gpp.org/Technologies/Keywords-Acronyms/article/umts>, ErişimTarihi: 26.02.2013.
- [8] Mahmoudian, E., WiMAX üzerinden internet protokol televizyon ve servis kalitesi – QoS, Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, Ankara. 2010; 3(9):57-59, 4(1):67-70.
- [9] Nuaymi, L., WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access. John Wiley & Sons, England. 2007; 1(3):47-55, 2(5):71-101, 3(9):146-172, 11(3):199-202.

Anasayfa

Dergi Hakkında

Yayın Kurulu

Danışma Kurulu

Bilim Kurulu

Makale Yazım Kuralları

Dergi Arşivi

İletişim

Akademik Platform

English

DERGİ HAKKINDA

“Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi” (Academic Platform Journal of Engineering and Science - APJES)
Akademik Platform (AP) tarafından Türkçe ve İngilizce olarak yayınlanan uluslararası hakemli online bir dergidir. Yılda 3 sayı olarak (Ocak, Mayıs ve Eylül) e-dergi ile bilgi ve teknoloji alanındaki yeniliklerin paylaşılması hedeflenmektedir. Bu çerçevede; bilimsel çalışmalar yapan ve bilimsel çalışmaları destekleyen, bilim insanlarının yetişmesine katkı sağlayan, sorunları çözmeye yönelik çalışmalar yürüten akademisyenlerin, birbirleri ile irtibatları sağlanacaktır.

Mühendislik ve Fen Bilimlerinin çeşitli alanlarındaki bilimsel araştırmaları yayınlamak amacı ile kurulan Uluslararası hakemli dergi ile ilgili her türlü işlem ve başvuru www.apjes.com adresinden yapılabilmekte olup yazıların bilimsel ve etik sorumluluğu yazarlara aittir.

[Anasayfa](#)

[Dergi Hakkında](#)

[Yayın Kurulu](#)

[Danışma Kurulu](#)

[Bilim Kurulu](#)

[Makale Yazım Kuralları](#)

[Dergi Arşivi](#)

[İletişim](#)

[Akademik Platform](#)

[English](#)

YAYIN KURULU

Akademik Platform adına sahibi

Prof.Dr.Mehmet SARIBIYIK, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

mehmets@sakarya.edu.tr

Editörler

Prof.Dr. Barış Tamer TONGUÇ, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

btonguc@sakarya.edu.tr

Doç.Dr. Fatih ÇALIŞKAN, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

fcaliskan@sakarya.edu.tr

Yrd.Doç.Dr. Hakan ASLAN, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

haslan@sakarya.edu.tr

Teknik Destek

Öğr.Gör. Gökhan ATALI, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

gatali@sakarya.edu.tr



Academic Platform Journal of Engineering and Science

[ANA SAYFA](#)[HAKKINDA](#)[ÜYE GİRİŞ](#)[KAYIT](#)[SON SAYI](#)[ARŞİV](#)[Ana Sayfa](#)[Arşiv](#)

Cilt: 1 Sayı: 3

Cilt: 1 Sayı: 3

İçindekiler

Makaleler

The Feasibility Assessment of Railway Public Transportation Systems in Sakarya
Hakan Aslan

PDF
1-11

Birefringence Analysis of Directional Fiber Coupler Induced by Fusion and Coupling Parameters
Dedi Irawan, Jalil Ali

PDF
12-17

İçme Suyu Parametrelerinin Ölçülen Değerleri Üzerine Veri Madenciliği Uygulayarak Parametreler Arası İlişkiyi Belilemek
Muhammed Fatih Adak, Cem Sen, İbrahim Cil

PDF
18-25

WiMAX Ağlarda Çoklu Ortam Trafiklerinin OPNET Kullanarak Başarım Analizi
İbrahim Nalbatçı, Cüneyt Bayılmış, Murat İskefiyeli, İsmail Kırbuş

PDF
26-40

A Comparison between theoretically calculated and actually generated electrical powers of wind turbines: A case study in Belen wind farm, Turkey

PDF
41-47

Havacılıkta Sertifikasyon Gereksinimleri Ve 16g İleri Dinamik Çarpışma Testi
Özgür Özlü, Vezir Ayhan, İdris Cesur

PDF
48-55

Karabük Üniversitesi Yenilebilir Enerji Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde Cep Telefonu Şarjı için Güneş Paneli Üretimi
Mustafa Gökdağ, M. Tahir Güneşer, Erzat Erdil

PDF
56-59

ISSN: 2147-4575

DİL

KULLANICI

E-posta Şifre ☐ Beni hatırla

AÇIK DERGI SİSTEMLERİ

BİLDİRİMLER

- [Görüntüle](#)
- [Kayıt ol](#)

DERGI İÇERİĞİ

ARA

GÖZ AT

- [Sayılara göre](#)
- [Başlığa göre](#)
- [Diğer detaylar](#)