WiMAX Haberleşme Sisteminde Ses Trafiğinin Video Trafiği Üzerine Etkisinin İncelenmesi

[1]İbrahim Nalbatcı, *[2]Cüneyt Bayılmış, [3]Murat İskefiyeli
[1]Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye
*[2]Teknoloji Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Türkiye
[3]Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özetçe

Genişbant kablosuz haberleşme sistemleri kullanıcıların bilgiye veri, ses ve video gibi farklı türlerde, her yerden her zaman ve en uygun maliyetle ulaşmasını sağlar. Bu bildiride bir genişbant kablosuz ağ teknolojisi olan WiMAX kısaca ele alınmakta ve bu teknoloji kullanılarak gerçekleştirilen örnek bir modelde aynı ortamda taşınan ses trafiğinin video trafiği üzerinde oluşturduğu etki incelenmektedir. Bu şekilde farklı trafik türlerinin olduğu bir ortamda her trafik türüne uygun talepleri karşılayabilmek, istek önceliklerini sıralayabilmek, bant genişliği tahsisini dengeli bir şekilde dağıtabilmek gibi güçlükleri aşmak için, ağ yapısının servis kalitesi desteği yeterince iyi olmalıdır. WiMAX sistemlerde kullanılan trafik türlerine uygun gelişmiş servis sınıfları bulunmaktadır. Servis kalitesi uçtan uca ölçülmesi gereken bir değer olup başarım ve gecikme cinsinden hesaplanır. Ortamda taşınan ses ve video trafikleri farklı servis sınıfları ile desteklenmekle birlikte ses trafiğindeki artışların video trafiğinde küçük gecikmelere neden olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada OPNET Modeler 14.0 programında benzetim için geliştirilen model ile sırasıyla, yalnızca ses trafiği altında, yalnızca video trafiği altında ve video trafiği en yüksek miktarda tutulup değişen ses trafiği altında sistemin başarımı incelenmektedir.

Key words: WiMAX, servis kalitesi, başarım, gecikme.

1. Giriş

WiMAX (Worldwide Interoperability Microwave Access) sistemi genişbant telsiz iletişim olanağı sunan yapısıyla kullanıcılara her yerden, her zaman yüksek hızda internet erişimi, yüksek kalitede sesli iletişim olanağı gibi çoklu ortam hizmetleri sunmak amacıyla IEEE 802.16 standardı altında WiMAX forum grubu tarafından geliştirilmiştir [1-2]. Abone sayısının az, kablolu genişbant sistemlerinin kurulumunun maliyetinin çok fazla olduğu ve kurulumun zor olduğu alanlarda WiMAX sistemi tercih sebebi olmaktadır.

WiMAX sistemi görüş hattında olan veya olmayan, noktadan noktaya, noktadan çok noktaya ve çok noktadan çok noktaya uygulamaları desteklemektedir. İdeal şartlarda 50 km'lik kapsama alanı içinde 75 Mbps' lik hızlarda ses, veri ve görüntüyü hizmet kalitesi ve güvenlik desteği altında taşıyabilmektedir [3].

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) organizasyonunun 802 ailesinden

*Yazışma Adresi: Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sakarya TÜRKİYE.
E-mail: tf@sakarya.edu.tr, Telefon: +902642956421 Fax: +902642956424

olan 802.16 standardı zaman içerisinde kullanıcı gereksinimleri ve gelişen teknolojiler doğrultusunda bazı revizyonlar geçirmiş ve ilave özellikleri bünyesine katmıştır. Bu özellikler arasında, görüş hattı dışında da çalışabilme ve hareketlilik desteği öne çıkan gelişmeleri olmuştur.

WiMAX standartlarının gelişim süreci sırasıyla, IEEE 802.16, IEEE 802.16a, IEEE 802.16d (IEEE 802.16-2004), IEEE 802.16e (IEEE 802.16-2005) şeklindedir. IEEE 802.16e standardı WiMAX teknolojisi için bir dönüm noktası niteliğindedir çünkü bu standart sayesinde WiMAX sistemi ile hareket halinde olunan koşullarda iletişim mümkün olabilmektedir. Örneğin kullanıcılar otobüs, tren gibi ulaşım araçlarında seyahat halinde iken mobil cihazları ile internete erişim sağlayabileceklerdir.

WiMAX bünyesinde geliştirilen bu standartlara ilave olarak yaklaşık 4 yıl süren çalışmalar neticesinde IEEE 802.16m standardı WiMAX forum grubu tarafından duyuruldu. IEEE 802.16m (IEEE 802.16-2011) bir standart adı olmasının ötesinde WiMAX 2 olarak kabul görmüştür. WiMAX forum grubu 802.16m standardı ile WiMAX teknolojisinin, LTE (Long Term Evolution) gibi yeni nesil bir teknoloji karşısında popüleritesini kaybetmemesini ve 4G (4. jenerasyon) standardına dahil olabilmesini hedeflemiştir. Bu çalışmaların bir neticesi olarak WiMAX 802.16m, Uluslararası Telekominikasyon Birliği (ITU) tarafından 4G standardı olarak onaylandı. ITU aynı zamanda LTE-Advanced'ı da 4G standardı olarak onaylamıştır.

2. WiMAX Teknolojisi

2.1. WiMAX Ağlarda Kullanılan Modülasyon Teknikleri

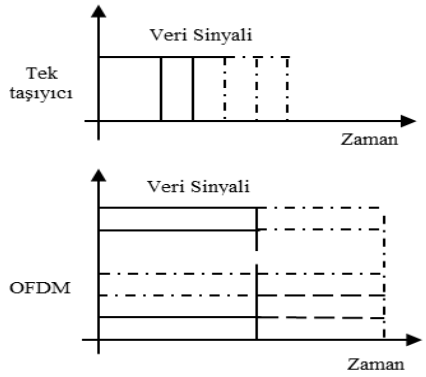
WiMAX ağlar, uyarlamalı modülasyon ve kodlama (AMC-Adaptive Modulation and Coding) teknikleri kullanır. Kanal verimi yüksek seviyede ise mümkün olan en yüksek hızda veri iletimini tercih ederken, kanal verimi düşük seviyede ise veri kaybını önlemek için daha düşük hızlarda veri iletilir. Uyarlamalı modülasyon ve kodlama, kanal verimliliği içerisinde akışı mümkün olduğu kadar yüksek düzeye çıkarmak için etkili bir tekniktir, aynı zamanda ileri hata düzeltme yöntemlerini destekler. Algoritma, her kullanıcının mümkün olan en yüksek veri hızında ve sinyal gürültü-girişim oranını en aza indirgeyecek şekilde bağlantı gerçekleştirmesi için işletilir.

IEEE 802.16e-2005 standardında yukarı ve aşağı yöndeki bağlantılar için tanımlanmış modülasyon türleri: QPSK, 16-QAM ve 64-QAM' dır [4].

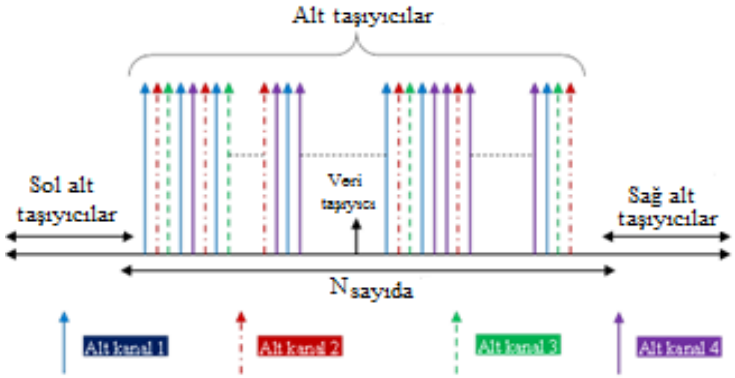
Düşük veri hızları QPSK (Quadrature Phase Shift Keying-Dördün Faz Kaydırmalı Anahtarlama) gibi küçük işaret kümeleri ile ½ katlamalı (convolutional) ya da turbo kod gibi düşük hata düzeltme oranları kullanarak elde edilir. Yüksek veri hızları ise QAM (Quadrature Amplitude Modulation-Dördün Genlik Modülasyonu) gibi geniş işaret kümeleri ile ¾ katlamalı ya da turbo kod gibi daha az güçlü hata düzeltme kodları 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.

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. Alt taşıyıcı sayısı genelde N ile gösterilir. Her bir alt taşıyıcı diğeriyle dikgen olduğundan birbiriyle girişim yapmamakta ve böylece frekans bandı daha verimli kullanılmaktadır. OFDM'in tercih edilme sebeplerinden birisi de frekans seçici sönümleme ya da dar bant girişime karşı direnci artırmasıdır [7].

OFDM yöntemi 3 tip alt taşıyıcı içerir. Bunlar veri alt taşıyıcısı (veri gönderimi için), pilot alt taşıyıcısı (senkronizasyon ve tahmin etme işlemi için) ve koruma alt taşıyıcısı (null subcarrier, koruma bandı görevi yapar, gönderim işlevi yapmaz.) Yukarı ve aşağı yön (uplink- downlink) bağlantıları için veri ve pilot alt taşıyıcıları aktif veri alttaşıyıcılarıdır ve alt kanal olarak adlandırılırlar. Bu şekildeki kanallamada 48 adet alttaşıyıcı bulunur. OFDM'in TDMA ya da FDMA gibi çoklu erişim yöntemleri ile birlikte kullanılması OFDMA'yı oluşturur. OFDM çoklu erişim yönteminde (OFDMA) alt taşıyıcılar alt kümelere bölünür ve her bir alt küme bir alt kanalı temsil eder.



Şekil 1. OFDM yapısı



Şekil 2. OFDMA yapısı

2.2. Servis Kalitesi (QoS)

WiMAX ve diğer genişbant sistemlerde sistemin başarımını belirleyen önemli bir noktada servis kalitesi desteğidir (Quality of Service – QoS). Servis kalitesi, ses ve video gibi yüksek kapasiteli verilerin alıcılara ne kadar başarılı ulaştırıldığını belirleyen bir parametredir. İyi bir servis kalitesinin değerine zarar veren temel faktörler; gecikme, gecikme değişimi (jitter) ve paket kaybıdır.

WiMAX sisteminde kullanılan servis sınıfları 5 tane olmak üzere aşağıdaki gibidir [7].

1. **UGS** (Unsolicited Grant Service): Periyodik aralıklı ve sabit boyutlu veri paketleri içeren gerçek zamanlı veri akışlarını desteklemek için düzenlenmiştir.
2. **rtPS** (Real-Time Polling Service): Periyodik aralıklı ve değişken boyutlu veri paketleri içeren gerçek zamanlı veri akışlarını desteklemek için düzenlenmiştir.

3. **nrtPS** (Non Real-Time Polling Service): Minimum veri hızı gerektiren, değişken boyutlu veri paketleri içeren gecikme toleranslı veri akışlarını destekler.
4. **BE** (Best Effort): Minimum servis garantisi gerektirmeyen ve bu yüzden elde edilen en iyi kaynak üzerinden veri akışının yürütülmesini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.
5. **ertPS** (Extended Real-Time Polling Service): Bu model UGS ve rtPS verimliliği üzerine kurulmuş bir zamanlama mekanizmasıdır.

3. WiMAX Habeleşme Sisteminin Benzetimi

WiMAX teknolojisi tarafından desteklenebilen çoklu ortam uygulamalarının karakteristiklerini incelemek için OPNET Modeler 14.0 benzetim yazılımı kullanılarak benzetim gerçekleştirilmiştir. Mobil WiMAX (IEEE 802.16e) sisteminde; kullanılan servis modeli, bant genişliği, seçilen QAM seviyesi, çerçeve boyutu, kod oranı, tampon boyutu, alt kanal sayısı, mesafe gibi parametreler throughput başarımını etkilemektedir. Uygulama sırasında 64-QAM modülasyon yöntemi tercih edilmiş ve çoğullama tekniği olarak da OFDMA seçilmiştir. Tablo 1' de benzetim modelinde kullanılan simülasyon parametreleri yer almaktadır.

Tablo 1. Benzetim modeli parametreleri

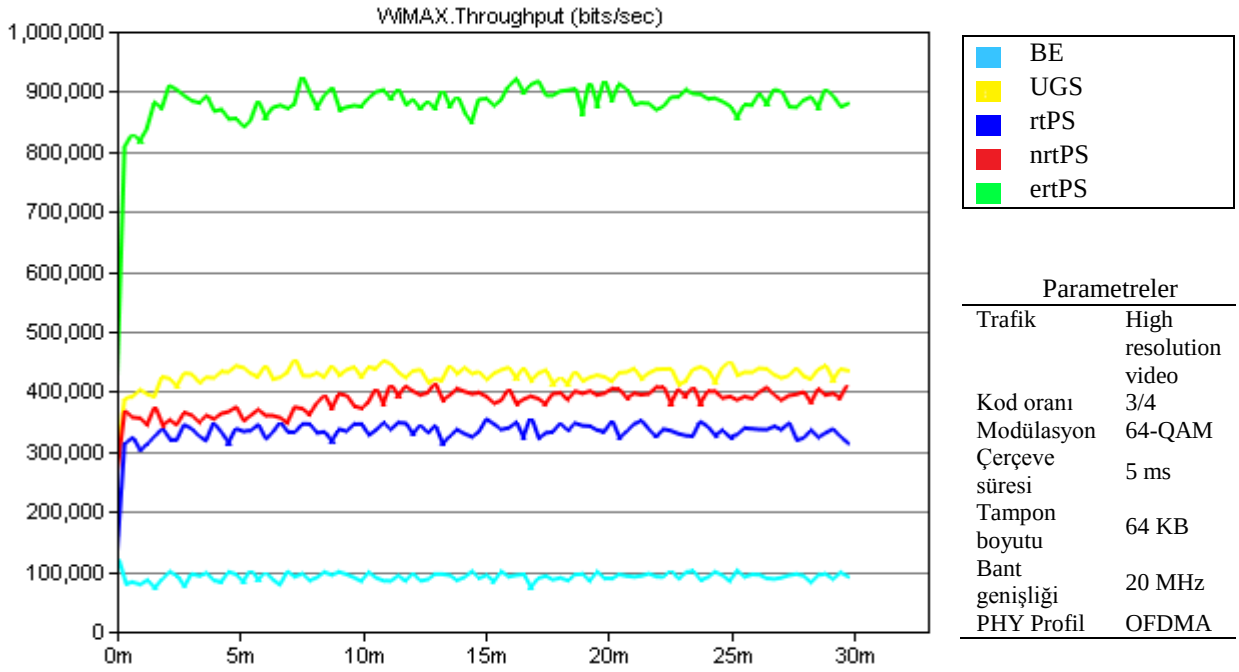
Parametre	***Değer***
Trafik tipi	Ses : GSM kalitesinde (GSM quality speech) Video : Yüksek çözünürlüklü video (High resolution video)
Modülasyon Tekniği	64-QAM
Bant Genişliği	20 MHz
Güç (W)	BS: 0.5 WS: 0,5
Alış/Veriş Bit Hızı	20 Mbit/s
Kod oranı	3/4
PHY Profil	OFDMA
Paket Boyutu	512 byte (uplink ve downlink)
Sembol periyodu	102,86 µs
Çerçeve süresi	5 ms
Alt kanal sayısı	2048
Tampon boyutu	64 KB
Simülasyon süresi	15 dk

Ses transferi uygulamasında; dinamik, gerçek zamanlı uygulamalar için uygun olan ertPS servis modeli, video transferi uygulamasında ise yine gerçek zamanlı uygulamalar için uygun olan, değişken devir boyutunu destekleyen, hücre gecikmesi, hücre kaybı ve hücre gecikme değişimine duyarlı rtPS servis modeli kullanılmaktadır. Ayrıca artan ses trafiğinin video trafiği üzerine etkisi incelenmektedir. Benzetim modeli uygulama adımları aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

- Bölüm 3.1' de video sinyali transferinde servis modeli seçimi uygulaması.
- Bölüm 3.2' de artan ses trafik yükleri altında ses trafiği uygulaması.
- Bölüm 3.3' de artan video trafik yükleri altında video trafiği uygulaması.
- Bölüm 3.4' de artan ses trafik yükleri altında eş zamanlı ses ve video trafiği uygulaması.

3.1. Servis Modeli Seçimi

Ortamda varolan trafik türüne uygun servis modelinin seçimi sistemin uçtan uca ortalama gecikme ve maksimum gecikme değerlerine doğrudan etki etmekte dolayısıyla sistemin performansının ölçülmesinde çok önemli bir kriter olmaktadır. Şekil 3'de gerçekleştirilen model ile video trafiği taşınması sırasında servis modeli seçiminin iş çıkarma oranı (throughput) başarımına etkisi gösterilmektedir.



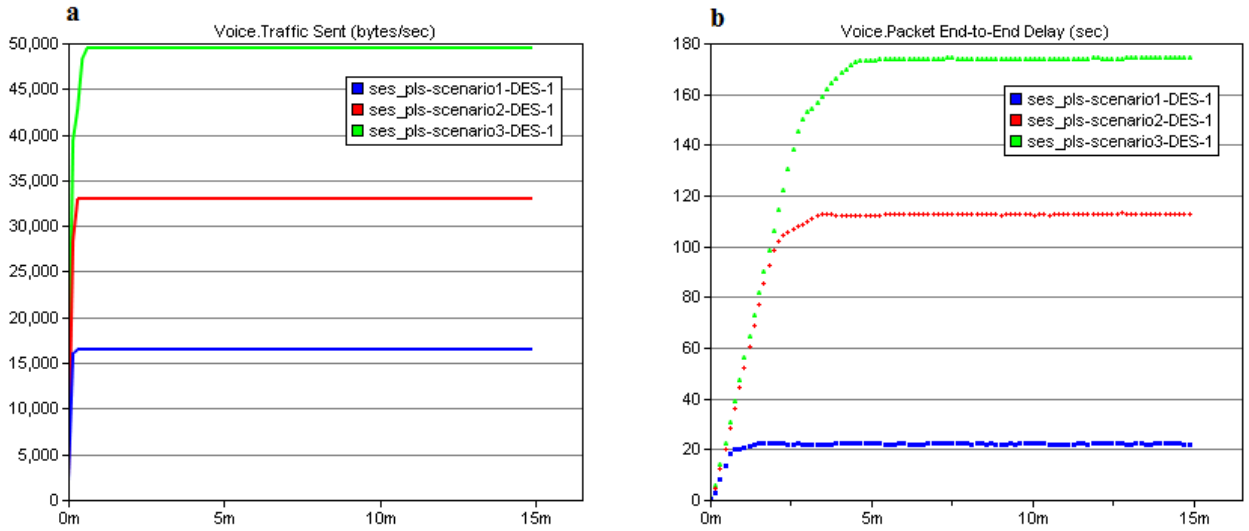
Parametreler	
Trafik	High resolution video
Kod oranı	3/4
Modülasyon	64-QAM
Çerçeve süresi	5 ms
Tampon boyutu	64 KB
Bant genişliği	20 MHz
PHY Profil	OFDMA

Şekil 3. Video sinyali transferinde servis modeli seçiminin etkisi

Grafikte görüldüğü gibi video sinyali transferi esnasında sinyalin karakteristiğine uygun şekilde gerçek zamanlı, gecikme toleranslı ve değişken devir boyutunu destekleyen bir servis modeli seçimi throughput başarımını olumlu yönde etkilemektedir.

3.2. Ses Trafiği Benzetim Uygulaması

Yukarıda özellikleri verilen benzetim modelinde bütün düğümler arasında yük miktarı artırılarak yalnızca ses trafiği gerçekleştirilmiştir. Ses trafiği gerçekleştiren terminal sayısı 1.senaryoda 5 terminal, 2.senaryoda 10 terminal, 3. senaryoda 15 terminal şeklindedir. Modelin başarım analizi değişen ses trafik yükleri neticesinde ses sinyali uçtan uca ortalama gecikme parametreleri dikkate alınarak yapılmıştır. Şekil 4'de artan ses trafik yükleri (a) ve buna göre ses transferi uygulamasının uçtan uca ortalama gecikme sonuçları (b) gösterilmektedir.

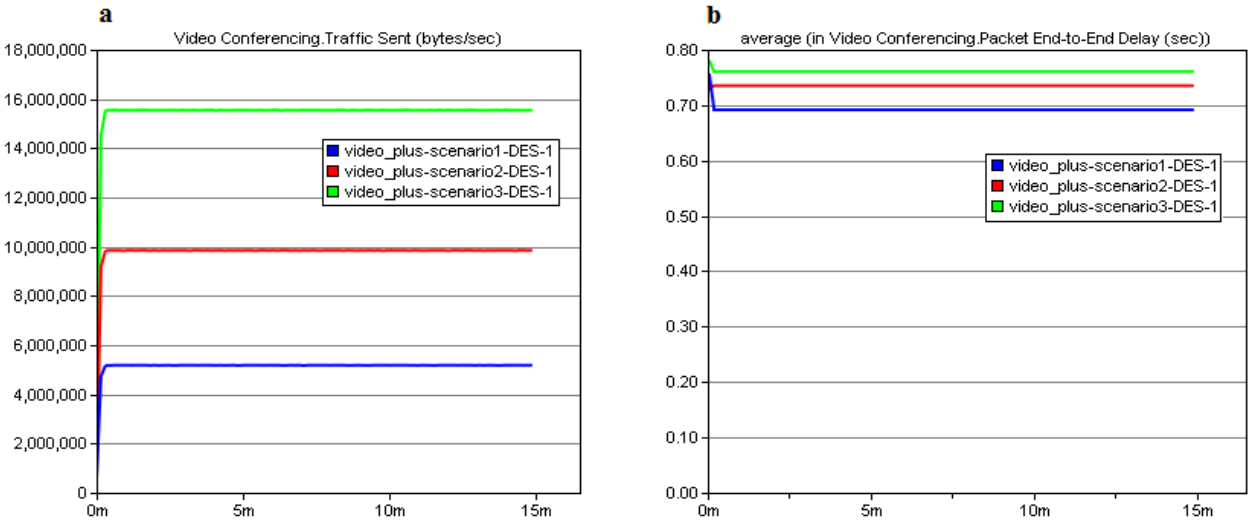


Şekil 4. Artan ses trafik yükleri altında uçtan uca ortalama gecikme

Benzetimin bu bölümünde ortamda ses trafik yükleri kullanılan terminal sayısı ile kademeli olarak artırılmıştır. Grafikte de görüldüğü gibi yük değeri arttıkça gecikme değeri de artmaktadır. Bu durum tahmin edilen bir sonuçtur. Her kademede gecikme değeri simülasyonun ilk adımlarında hızlı bir şekilde artmakta ve daha sonra kararlı bir çizgide konumlanmaktadır.

3.3. Video Trafiği Benzetim Uygulaması

Bu bölümde gerçekleştirilen benzetim modelinde artan yük miktarları ile yalnızca video trafiği gerçekleştirilmiştir. Modelin başarım analizi değişen video trafik yükleri neticesinde sistemin uçtan uca ortalama gecikme parametreleri dikkate alınarak yapılmıştır. Şekil 5' de artan video trafik yükleri (a) ve buna göre video transferi uygulamasının uçtan uca ortalama gecikme sonuçları (b) gösterilmektedir.

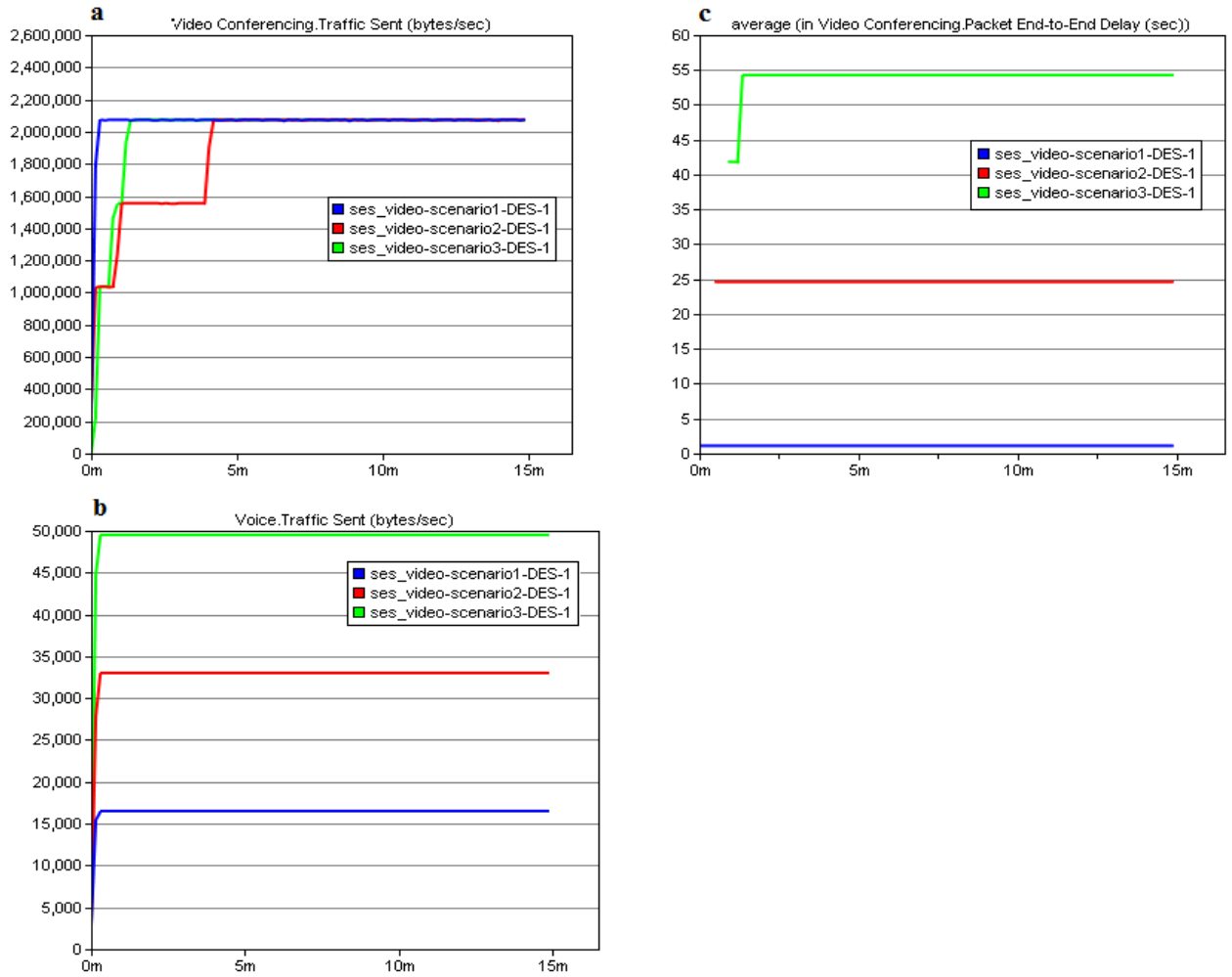


Şekil 5. Artan video trafik yükleri altında uçtan uca ortalama gecikme

Ses trafiği uygulamasına benzer bir yaklaşımla her senaryoda video trafiği gerçekleştiren terminal sayısı artırılarak (1.senaryoda 5, 2.senaryoda 10, 3.senaryoda 15 terminal) ortamdaki video trafiği artırılmaktadır. Yük artışının her kademesinde gecikme değeri simülasyonun ilk adımlarında hızlı bir şekilde artmakta ve daha sonra kararlı bir çizgide konumlanmaktadır. Simülasyonun bu bölümünde video sinyali transferi için rtPS servis sınıfı seçilmiştir.

3.4. Eş Zamanlı Ses ve Video Trafiği Benzetim Uygulaması

Benzetim modelinde ses trafiğinin video trafiği üzerine etkisini incelemek için, üç senaryo kullanılmaktadır. Her senaryoda 2 terminal sabit bir trafik yükü ile karşılıklı video transferi yapmak üzere ayarlanmıştır ve her senaryoda ortamdaki diğer ses terminalleri üzerinden (sırasıyla 5, 10 ve 15 ses terminal) gerçekleştirilen ses trafiği kademeli olarak artırılmıştır. Sonuç olarak artan ses trafiğinin video trafiği üzerine etkisi incelenmektedir. Başarım analizi video trafiğinin uçtan uca ortalama gecikme parametreleri dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 6. Artan ses trafik yükleri altında sabit video trafiği uçtan uca ortalama gecikmesi

Şekil 6'da sabit video trafik yükünün (a), artan ses trafik yükleri altında (b) uçtan uca ortalama gecikme sonuçları (c) gösterilmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi video yükü sabit tutulurken ses yükü artırıldıkça ortalama gecikme değeri benzer oranda artmaktadır.

Video trafiği uygun servis sınıfı ile transfer edildiğinden (rtPS) ses trafiğinin video trafiği üzerine etkisi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Şekil 6'dan görüldüğü gibi ses trafiği yüksek oranda artınca video trafiği uçtan uca ortalama gecikme sonuçlarına etkisi fazla olmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada WiMAX genişbant kablosuz sistemi ve kullandığı servis sınıfları hakkında temel bilgiler verilmiştir. Bunun yanında benzetimi yapılan örnek bir uygulamayla elde edilen sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir. Benzetimde ses ve video sinyalleri aynı ortam üzerinden transfer edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki farklı tiplerdeki trafik yüklerinin aynı ortam üzerinden transferi haberleşme sistemlerine bazı zorluklar getirmektedir. Sonuçlardan görüldüğü gibi ses ve video trafikleri farklı WiMAX servis sınıfları ile desteklense de ses trafiğindeki artışlar video trafiği gecikme değerlerinde küçük değişimlere neden olmaktadır. Ancak WiMAX' in güçlü mimarisi ve sinyal türlerine uygun servis sınıflarının seçimi neticesinde bu gecikme video trafiğinin iletimindeki tolere edilebilir sınırlar içinde tutulabilmektedir.

Kablosuz haberleşmeyi sağlamak; bant genişliği sınırlaması, bağlantının sürekliliğinin korunması, yüksek veri kaybının önüne geçilmesi gibi sebeplerden dolayı kablolu haberleşmeye göre oldukça zordur. Bu nedenle günümüzde yaygın olarak kullanılan WiMAX ve benzer kablosuz ağ teknolojileri özellikle gerçek zamanlı çoklu ortam uygulamaları için servis kalitesi garantisini en üst seviyede tutmalıdır. Bu sayede bu alandaki yoğun gereksinimlerin karşılanması mümkün olacaktır.

Kaynaklar

[1] WiMAX Forum, WiMAX an Efficient Tool to Bridge the Digital Divide, Nov 2005.
[2] WiMAX (802.16e) Model User Guide (Tutorials).
[3] Cantekinler, M.K., Çetin, T., Daşdemir, Ö., WiMAX/3N Karşılaştırma Raporu, BTK, SAS Raporları, Ankara. Mart 2008.
[4] Mahmoudian, E., WiMAX Üzerinden İnternet Protokol Televizyon ve Servis Kalitesi – QoS, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü. Aralık 2010, p 57-59, p 67-70.
[5] Hammoshi, M., WiMAX Simulation Model to Investigate Performance Factors, Lecturer, Computer Systems Dept., Technical Institute of Mousl, Iraq. 2011; pp. 5-10.
[6] Akmaz, H., WiMAX Telsiz Ağları ve İletişim isteminin Başarım Benzetimi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2009.
[7] Andrews, J. G., Ghosh, A., Muhamed, R., Fundamentals of WiMAX. 2007; 2(1):33-38, 2(4):49-51, 3(1):67-75.
[8] www.opnet.com [Son erişim tarihi: 15.03.2013].