

GENİŞ BANT HÜCRESEL İLETİMDE (LMDS) TDMA/FDD KULLANARAK GERÇEK ZAMANLI ÇOKLU ORTAM UYGULAMASI

Cemal KOÇAK¹ İsmail ERTÜRK² Hüseyin EKİZ³

¹Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Germiyan Kampüsü 43000 KÜTAHYA cccokak@yahoo.com

²Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Umuttepe Kampüsü 41380 İZMİT erturk@kou.edu.tr

³Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Esentepe Kampüsü 54187 SAKARYA ekiz@sakarya.edu.tr

ABSTRACT

Several wireless networking solutions have been developed to provide different types of services for various end user applications. Due to the success of ATM and IP technology in the information technology area. Local Multipoint Distribution Service (LMDS) is a broadband wireless access (BWA) networking solution. In this paper, an LMDS (Local Multipoint Distribution System) over ATM network for real-time multimedia applications (data, voice, video) is introduced. LMDS network model is realized and simulated by using OPNET 9.0 simulation package. By using TDMA/FDD based MAC controller, the model of LMDS network with 25 Mbps transmission speed, used in the applications of wireless multimedia, is simulated. The simulation results are obtained for sample voice, video, data and non-critical data traffics under varying network load conditions. Analysis of the end-to-end delay results is also presented.

Key Words: ATM, LMDS, TDMA/FDD

1. GİRİŞ

LAN ve WAN teknolojilerindeki yeni gelişmeler sonucunda; kullanıcıların Internet erişimi, video, ses ve veri gibi uygulamaların gereksinim duyacakları trafik türünü taşıyacak bir alt yapı sistemi kullanma çalışması içerisindeyizdir. Uzak bağlantı için xDSL ve LMDS/MMDS teknolojileri uygulaması gündemde olan teknolojiler haline gelmiştir [1]. Kablosuz bilgisayar ağ uygulamaları, kullanıcıların bilgiye her an her yerde erişebilme isteklerini karşılamak amacıyla yeni teknolojileri de beraberinde getirmiştir. Kablosuz ortamın sınırlamalarına rağmen kullanılması, kurulum kolaylığı ve basitliği, esnekliği, ileriye yönelik maliyet kazancı, hareketlilik ve mevcut yerel alan ağ yapısını genişletme gibi avantajlarından dolayı kullanımı gün geçtikçe de artmaktadır. Yerel Çok Noktalı Dağıtım Sistemi (Local Multipoint Distribution System, LMDS), kablosuz sistemler için ATM Forum, DAVIC, ETSI ve ITU tarafından standartlaştırma çalışmaları sürdürülmekte olan 20 GHz üzerinde çalışan bir kablosuz genişband erişim

teknolojisidir [2]. Bu yeni teknoloji, servis sağlayıcıların Internet erişimi VPN ve çoklu ortam uygulamalarını hızlı bir şekilde devreye almalarına; ATM alt yapısı ile bütünleştirilmesiyle (Quality of Service, QoS) ve değişik tür hizmetler için CoS'i (Class of Service) sağlamalarına imkân tanımaktadır.

Bildirinin 2. bölümünde ATM teknolojisi, 3. ve 4. bölümlerinde ise sırasıyla LMDS teknolojisi ve Kablosuz MAC protokolleri üzerinde durulmaktadır. 5. bölümde bir simülasyon paket programı yardımıyla gerçekleştirilen LMDS kullanılarak ATM ağ üzerinden gerçek zamanlı çoklu ortam haberleşmesi uygulama modeli ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

2. ATM

Bilindiği üzere kullanıcıların yüksek hız ve esnek bant genişliği ihtiyaçlarını karşılamada ATM teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Verinin hücreler halinde organize edildiği bir transfer yöntemi olan ATM, belli bir kullanıcı bilgisini taşıyan hücrelerin periyodik olarak yinelenmesine ihtiyaç duymaması nedeniyle eşzamansızdır (asenron). Ses, video ve veri iletimi gibi farklı karakteristik özelliklere sahip trafikleri aynı platform üzerinden taşımak için oluşturulmuştur. Bölümlenmiş veri paketlerini taşıyan sabit uzunluktaki hücreler, transfer mekanizmasının temelini oluşturur. Hücreler küçük olduğundan ağ anahtarları üzerinden aktarılmaları da kolaydır [8]. Zaman Bölüşümlü Çoğullama (Time Division Multiplexing-TDM) ve istatistiksel çoklamanın üstün yönlerini kullanan ATM teknolojisi, gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan çoklu ortam uygulamaları için uygun bir iletim ortamı sağlayabilmektedir.

3. LMDS

Yerel Çok Noktalı Dağıtım Sistemi ((Local Multipoint Distribution System-LMDS), geniş bant kablosuz erişim (Wireless Broadband Access-WBA) ağ çalışmasının bir ürünüdür [9]. İlk olarak Dijital TV yayınları için geliştirilen Çok Noktalı Çok Kanallı Dağıtım Sistemi (Multi-Point

Multi-Channel Distribution System MMDS) ve LMDS, daha sonra ev ve işyerleri için etkileşimli hizmetler sunmak amacıyla genişletilmiştir [10]. LMDS, kablosuz sistemler için ATM Forum, DAVIC, ETSI ve ITU tarafından standartlaştırma çalışmaları sürdürülmektedir. Mart 1999'da IEEE 802 LAN/MAN Standartları komitesi, geniş bant kablosuz erişimi üzerine 802.16 çalışma grubunu oluşturmuştur. Bu çalışmaların büyük bir bölümünde temel taşıma birimi olarak ATM hücreler kullanılmaktadır [9] [11]. LMDS, ev ve küçük iş yerleri için dijital abone hatları (xDSL) gibi kablolu çözümlere alternatif olarak uygulanabilir ve xDSL, koaksiyel kablo ve fibere benzer kablolu teknolojilerle yarışabilir [9] [12]. Ayrıca özel kullanıcılara ve şirketlere yüksek kapasiteli bağlantılar sunan hücresel mimarisiyle yeni bir radyo tabanlı erişim teknolojisidir. Yüksek hızlı radyo tabanlı sistemler ile dijital TV gibi açık yayın (broadcast) sistemlerini birleştirir [2].

3.1 LMDS Ağ Mimarisi

LMDS, noktadan çok noktaya ve 20 GHz üzerindeki frekanslarda (ülkedeki lisanslamaya bağlı olarak 28, 38 veya 40 GHz) işletilen ve 1,3 GHz bant genişliği sağlayan geniş bantlı kablosuz haberleşme sistemidir. Bu frekans değerleri ile her kullanıcıya, 38 Mbps'ye kadar kesintisiz veri transferi imkanı sağlanır. LMDS ses, veri ve video gibi veri kombinasyonlarını noktadan çok noktaya kablosuz yayın hizmeti ile sağlayan bir sistemdir. Bu nedenle ATM ve IP iletim teknolojileri ile uygulanabilir. LMDS ağ yapısı; Ağ İşlem Merkezi (Network Operations Center–NOC), Fiber Tabanlı Omurga, Baz İstasyonları ve Kullanıcı Cihazları (Customer Premises Equipment–CPE) olmak üzere 4 temel kısımdan oluşmaktadır [9] [12] [13] [14]. LMDS içinde merkez hub ile bütün uzak sunucular arasındaki bağlantılar noktadan–çok noktaya kablosuz geniş bant kullanarak haberleşir. Hücreler ise merkez ağ aracılığı ile birbirlerine bağlantılıdır. LMDS, mantıksal olarak ATM ağ üzerinden birbirleri ile olan bağlantılarını sanal devreler (virtual circuits VC) ile ve öncelikli trafik için bazı hızlı yönlendiriciler ile sağlar. Hizmet kalitesi desteği ile trafik sınıfları, IP başlığının TOS alanında tanımlanır. Bütün trafik baz istasyonu üzerinden akar; çünkü radyo kanalları üzerindeki bant genişliği tahsisini baz istasyonu kontrol etmektedir [15] [16]. LMDS üzerinde geri dönüş kanalında TDMA kullanılır. Bu erişim şeklinde MAC protokolü farklı kullanıcılar için zaman slotlarını ayırır. Her bir abone tanıtma verici merkezi (CPE), sadece kendisi için ayrılan zaman slotunu kullanarak iletim yapabilir. Bu erişim şeklinde çerçeveler (frame) 3 ms ile 6 ms arasında bir uzunluğa sahiptir. Kanal bant genişliği 20 MHz ile 40 MHz arasında belirlenmiştir. Çerçeveler

içindeki zaman slotlarının sayısı; başlama ve rasgele erişim slotları olmak üzere ayrılmıştır. Zaman bölümleri 68 bayt'tan oluşur. 4 bayt ön-ek ve son sırada 1 bayt'lık koruma bulunur. Kalan 63 bayt içinde 53 bayt'lık bilgi ve RS kodu (Reed Solomon) kullanmak için 10 bayt'lık eşlik-kontrol içerir. Geri dönüş kanalı, her blokta 5 bayt hata doğrulama ve 8 bit kod slotu bir ATM hücre ile taşınır. RS

TermAdres (4 bit)	Uyg. No (4 bit)	CRC (16 bit)
----------------------	--------------------	-----------------

TermAdres (4 bit)	Uyg. No (4 bit)	SLS (16 bit)	CRC (16 bit)
----------------------	--------------------	-----------------	-----------------

LMDS Başlığı (32 bit)						
GFC (4 bit)	VPI (8 bit)	VCI (16 bit)	PT (3 bit)	CLP (1 bit)	HEC (8 bit)	CRC (16 bit)
PAYLOAD (384 bit)						

kodlamadan önce veri, baytlar şeklinde rasgele dağıtılır. Kanal filtreleme, kaynak ve hedef arasında eşit olarak bölünmüş, Yükseltilmiş Kosinüs Nyquist tip kullanılır [10] [12] [17]. Şekil 1'de LMDS paket formatı gösterilmiştir.

Şekil 1. LMDS paket formatı

4. KABLOSUZ MAC PROTOKOLLERİ

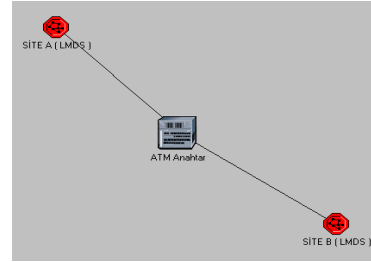
Kablosuz ortam yani paylaşılmış ortam üzerinde, çoklu trafik akış iletimlerini düzenlemek için MAC protokolü (Medium Access Control–MAC) kullanılır. MAC protokolleri, iletim ortamının kullanıcıdan baz istasyonuna (uplink) ve baz istasyonundan kullanıcıya (downlink) olan kanalların aynı anda çift yönlü olarak kullanılması (duplexing) farkı ile ayrılır. Bu nedenle MAC protokolleri, iletim ortamını çift yönlü kullanma (duplexing) yöntemine göre frekans bölmeli (Frequency Division Duplexing–FDD) ve zaman bölmeli, (Time Division Duplexing–TDD) olarak ikiye ayrılır [16], [18]. TDD yönteminde alışı ve veriş (uplink, downlink) kanallarında aynı frekans bandı ayrı zaman dilimlerinden (time slot) faydalanılır. Asimetrik bağlantılar için çok uygundur. FDD yönteminde alışı ve veriş yönünde farklı frekans bandına sahip iki tek yönlü kanal tahsis edilir. Terminaller sinyalleri eş zamanlı olarak alır ve iletir. Kısa mesafeli radyo haberleşmesinde TDD yöntemi daha çok kullanılır. Uzun mesafelerde zaman gecikmesi fazla olacağından FDD yöntemi daha avantajlıdır [16] [19]. Çoklu erişim şekli kanal tahsisini ayarlamak için gereklidir. Çoklu erişim yöntemleri, veri transfer ortamının kullanıcılar arasında nasıl paylaşıldığını tanımlar. Çoklu erişim

yöntemleri temel olarak; Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Frequency Division Multiple Access-FDMA), Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access-TDMA) ve Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access-CDMA) olarak verilebilir [14] [18] [20].

Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access-TDMA) ; Bu uygulamada iletişimde çerçeveler özel zaman dilimlerine bölünürler. Her frekans zaman dilimine ayrıldığından kullanıcılar aynı frekansı farklı zamanda fakat aynı anda kullanırlar. Her kullanıcı kendine ait frekans kanalını kullanır [21] [22] . TDMA sisteminde birden çok kullanıcı için ayrılan bant genişliği herkese açıktır ancak sadece örnekleme zamanına bağlı olarak elde edilen zaman aralıklarında aktarım vardır. Bir kullanıcı yalnızca kendisine ayrılan belirli bir zaman aralığında bant genişliğinin tamamını kullanabilir. Kullanıcılar kesin zaman aralıkları ile sistemin tüm aralığını kullanır. Daha basit bir ifadeyle; belirli bir anda kanalın tümü, belirli bir süreliğine (ayarlanmış zaman aralığı [slot] boyunca) belirli bir kullanıcıya atanır [22].

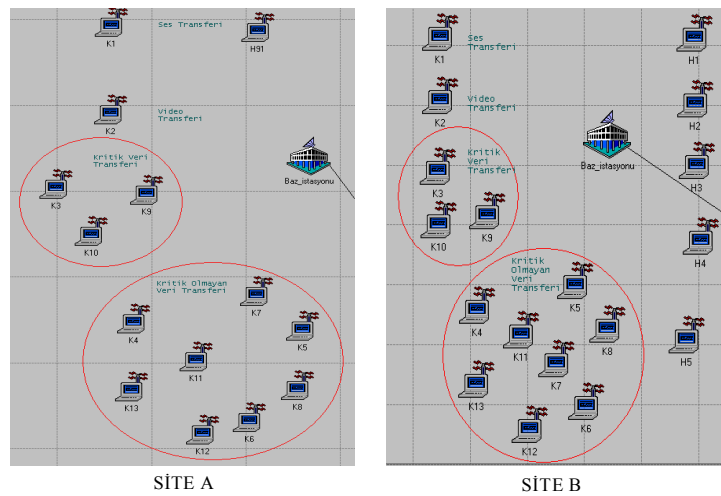
5. LMDS KULLANARAK ATM AĞ ÜZERİNDEN GERÇEK ZAMANLI ÇOKLU ORTAM SİMÜLASYON MODELİ

Bu bölümde kablosuz çoklu ortam uygulamalarına hizmet vermek amacıyla TDMA/FDD tekniğine dayalı MAC protokolünü kullanan 25 Mbps iletim hızında örnek bir LMDS ağ modeli sunulmuştur. OPNET Modeler simülasyon programı ile gerçekleştirilmiş ATM üzerinden LMDS kullanarak gerçek zamanlı çoklu ortam ağ modeli Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. LMDS-LMDS ağ modeli

Bu çalışmada sistem performansını etkileyebilecek anten modeli, antenin yerden yüksekliği, iletilen sinyalin gücü, radyo frekansta çalışan veri iletimi gibi parametreler ele alınmamıştır. Her iki baz istasyonuna kablosuz olarak bağlı kullanıcılarda üretilen ses, video, kritik veri ve kritik olmayan veri türündeki LMDS trafikleri site A ve site B istasyonları arasında karşılıklı olarak iletilmektedir. TDMA/FDD tekniğine dayalı MAC protokolünden faydalanılarak kullanıcıların baz istasyonu ile haberleşmesinde (uplink), “noktadan-noktaya haberleşme tekniği (FDD)” kullanılırken, baz istasyonunun kullanıcılar ile haberleşmesinde (downlink) “noktadan-çok noktaya haberleşme tekniği (TDMA)” kullanılmıştır. Çalışmada uygulamalar için garanti edilmiş bant genişliği ya da “öncelik” gibi mekanizmalar söz konusu değildir. Uygulamalar için kullanılan slotların sayıları eşit ve 25 slottur. Ayrıca 25 Mbps veri iletim hızı için bir TDMA çerçevesindeki (frame) slot sayısı $N=1000$ ve her slotta toplam 7 ATM hücresi taşınmaktadır. Şekil 3’te gösterilen LMDS ağ modelinde; K1 (site A)–H1 (site B) terminalleri arasında ses trafiği, K2–H2 terminalleri arasında video trafiği, K3–H3 terminalleri arasında kritik veri trafiği ve K4–H4 terminalleri arasında kritik olmayan veri trafiği transfer etmek üzere programlanmıştır. Elde edilen uçtan-uca ortalama gecikme, maksimum gecikme ve gecikme değişimi değerleri karşılaştırılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.



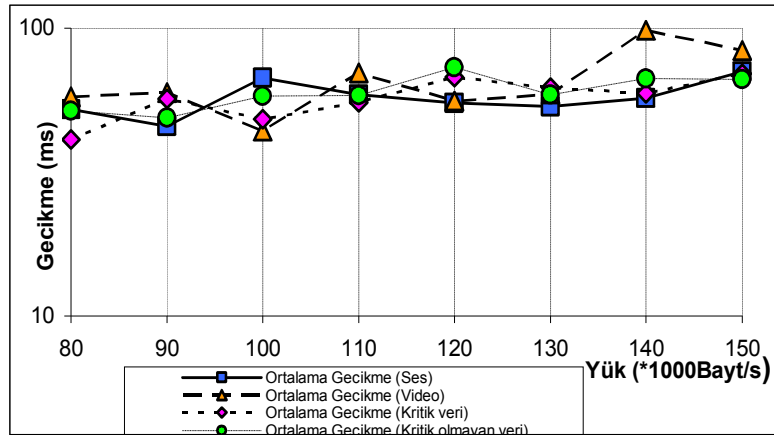
Şekil 3. LMDS ağ modeli.

5.1 Simülasyon Sonuçları ve Karşılaştırmalı Performans Analizi

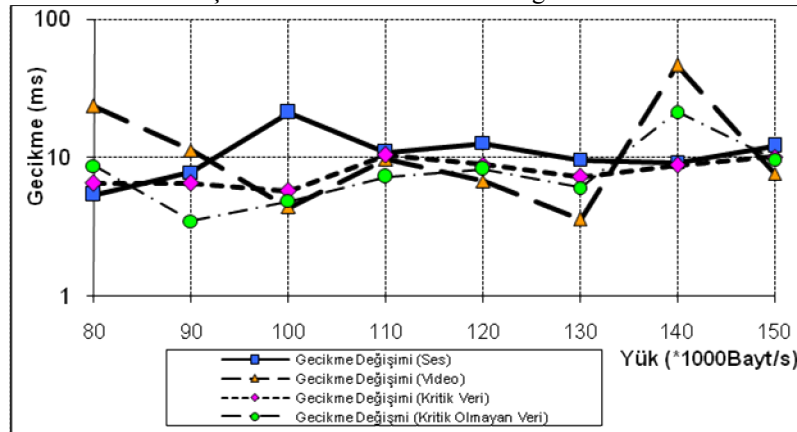
Elde edilen sonuçların güvenilirliğinin ve hassasiyetinin sağlanması açısından, istatistiksel değerler, belirli bir çalışma süresinden (warm-up session) sonra alınmıştır. Örnek uygulamanın performansını değerlendirmek üzere kullanılan ölçütler; uçtan-uca ortalama gecikme, maksimum gecikme ve gecikme değişimi değerleridir. Paketlerin kaynak tarafında üretildiği andan hedef tarafında yok edildiği ana kadar geçen ortalama süre ortalama gecikmeyi, en yüksek süre ise maksimum gecikmeyi ifade eder. Paketlerin gecikme sürelerinin değişimi ise gecikme değişimini (jitter) verir. Site A ve Site B istasyonları arasındaki ses, video, kritik veri ve kritik olmayan veri transferi için değişik yük değerlerinden elde edilen uçtan-uca; “ortalama gecikme”, “maksimum gecikme” ve “gecikme değişiminin” sonuçları sırasıyla Şekil 4, 5 ve 6’da gösterilmektedir.

Grafikte gösterildiği gibi uygulamaların yük değeri arttıkça, paketlerin iletiminde meydana gelen ortalama ve maksimum gecikme değerleri değişmektedir. K1–H1 arasındaki ses transferi

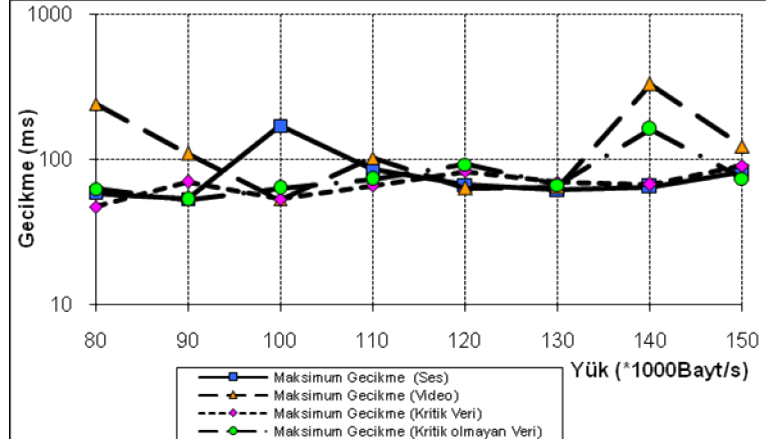
sırasında elde edilen en yüksek ortalama gecikme değeri 70,6 ms ve yük değeri 150000 bayt/s olduğunda elde edilmiştir. En yüksek maksimum gecikme değeri 170,3 ms’dir (100000 bayt/s yük değeri için). Gecikme değişiminin en yüksek değeri 21,2 ms’dir (100000 bayt/s yük değeri için). Video transferinde elde edilen ortalama gecikme değerleri 57,8–98,3 ms arasında değişmektedir. Maximum gecikme değeri 328,6 ms ve en yüksek gecikme değişimi değeri 46,7 ms olarak elde edilmiştir. K3–H3 arasındaki kritik veri transferi sırasında elde edilen en yüksek ortalama gecikme yük değeri 150000 bayt/s olduğunda 69,4 ms olarak elde edilmiştir. En yüksek maksimum gecikme değeri 90,8 ms’dir (150000 bayt/s yük değeri için). Gecikme değişiminin en yüksek değeri 10,5 ms ve yük miktarı 100000 bayt/s olduğunda elde edilmiştir. Kritik olmayan veri transferinden, ortalama gecikme değeri yük miktarı 120000 bayt/s olduğunda 73,2 ms olarak elde edilmiştir. En yüksek maksimum gecikme değeri 140000 bayt/s yük miktarında 162,3 ms ve en yüksek gecikme değişimi değeri yine yük miktarı 140000 bayt/s olduğunda 21,6 ms olarak elde edilmiştir.



Şekil 4. Ortalama Gecikme değerleri.



Şekil 5. Gecikme Değişimi değerleri.



Şekil 6. Maksimum Gecikme değerleri.

6. SONUÇ

Noktadan noktaya mikro dalga iletim sistemleri izlenmesi çok zor bir haberleşme yöntemidir ancak noktadan çok noktaya iletimler teknik açıdan izlenmesi daha kolay bir haberleşme türüdür. Bu tür sistemlerde dahili kriptolama özellikleri mevcut olmasında rağmen son yıllarda yapılan çalışmalar bu tür sistemlerin saldırıya sanıldığından daha zayıf olduğunu göstermiştir. Güvenliği artırmak için en basit yaklaşım VPN teknolojilerinin, kablosuz haberleşme sistemleri ile birlikte kullanılmasıdır ancak bu yaklaşım maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. LMDS trafiği, herhangi bir hizmet kalitesi desteği olmamasına rağmen alınan sonuçlara göre oldukça iyi gecikme değerleri ile transferler gerçekleştirilmiştir. LMDS sisteminin QoS desteği olmaması nedeni ile farklı trafikler için ayrılan slot sayıları eşit (25) tutulmuştur. ATM teknolojisinin sadece anahtarlama özelliği kullanılarak gerçekleştirilen benzetimde, garanti edilmiş bant genişliği veya öncelikler söz konusu olmadığından ses ve video transferi için yeterli olmadığı görülmüştür. Özellikle ses ve video transferinde elde edilen gecikme değişimi değerleri kritik veri ve kritik olmayan veri transferlerine göre daha fazla çıkmıştır. ATM alt yapısı ile bütünleştirilerek QoS ve değişik tür hizmetler için CoS'i sağlaması ile çok daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Burada TDMA/FDD MAC katman protokolü ile gecikmeye duyarlı uygulamalar için (ses ve video) daha fazla slot sayısı tahsis edilerek daha yeterli bir transfer gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kos, A., Bester, J., Homan, P., Pustisek, M., IP over ATM for multimedia trafik:MPLS., Proc. of the International Workshop on Intelligent Communications and Multimedia Terminals, Ljubljana, November 1998."
- [2] Nordbotten, A., LMDS System and Their Application., IEEE Communication Magazine, pp.150-154, June 2000.
- [3] ATM FORUM, ATM Service Categories; The Benefits to the User., <http://www.atmforum.com> 1996.
- [4] Mammer, Z., Haouam, K.D., Connection Allocation Schemes for Guaranteeing Hard Real-Time Communication with ATM Networks., Proceedings IEEE International Workshop on 1-3 Oct., pp.203-212, 1997.
- [5] Homan, P., Bester, J., and Pusiteseh, M., Classes of Service in ATM Networks., Proc. Of the International Workshop on Intelligent Communications and Multimedia Terminals Cost 254 Ljubljana., November 1998.
- [6] Borden, M., Crawley, E., Davie, B., and Batsell, S., Integration of Real-time Services in an IP-ATM Network Architecture., RFC 1821, August 1995.
- [7] Tit, Y.P., Fong, S., and Hutchison, D., ATM QoS Support via Output Port Controllers., IEEE Communications, ICC 2000 International Conference on V.2, pp.708-712 June 2000.
- [8] Subaşı, A., ATM Anahtarlarının Performansının İyileştirilmesi., Yüksek Performanslı Bilişim Sempozyumu, GYTE, Gebze 2002."
- [9] Mahönen, P., Saarinen, T., and Shelby, Z., Wireless Internet over LMDS: Architecture and Experimental Implementation., IEEE Communications Magazine, May 2001.
- [10] Sari, H., Broadband radio access to homes and businesses; MMDS and LMDS., Elsevier Computer Networks 31, pp.379-393, 1999.
- [11] Kuri, J., and Gagnaire, M., ATM Traffic Management in an LMDS Wireless Access Network., Broadband Wireless Access Technologies and Applications, IEEE Communications Magazine, September 2001.

- [12] Hakegard, J.E., Coding and Modulation for LMDS and Analysis of the Channel., Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, V.105, N.5, October 2000.
- [13] International Engineering Consortium, Local Multipoint Distribution System (LMDS)., <http://www.iec.org/online/tutorials/lmds>.
- [14] Gurumoorthy, K.K., Local Multipoint Distribution Service., Electrical Engineering and Computer Sciences-EECS KUID-706525.EECS., 2002, <http://www.itciukans.edu>.
- [15] Schmidt, M., Koudelka, O., Ebert, J., Schlemmer, H., Adams, C.J., Shi, X., Linder, H., and Stering, W., EMBRACE System Demonstrator., IST Mobile and Wireless Communications Summit, Thessaloniki 17-19 June 2002.
- [16] Bostic, J., and Kandus, G., MAC Scheduling for Fixed Broadband Wireless Access Systems., European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, Jozef Stefan Institute, IJS., COST 263, Ljubljana Slovenia 2001.
- [17] Cornaglia, B., Santaniello, R., Leonardi, E., Cigno, R.L., Meo, M., and Neri, F., and Saracino, D., LMDS Systems: A Possible Solution for Wireless ATM Access Networks., IEEE 1998.
- [18] Khobare, A., Simulation Study of Local Multipoint Distribution Service (LMDS)., Virginia Polytechnic Institute and State University, Master of Science in Computer Science, Blacksburg Virginia, 2000.
- [19] Çeken, C., Kablosuz Atm Kullanarak Servis Kalitesi Desteği Sağlanmış Gerçek Zamanlı Veri Transferi., Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi., Ocak 2004.
- [20] Rappaport, T.S., Wireless Communications Principles and Practice., Prentice Hall, 1996.
- [21] International Engineering Consortium, Time Division Multiple Access (TDMA)., <http://www.iec.org/online/tutorials/tdma/>
- [22] Manas, O., Kablosuz Bilgisayar Ağları., Wireless Networking Security, WINS 2002, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü 2002.