

# Video Trafiklerinin Kablosuz ATM Ortam Erişim Kontrol Mekanizmalarına Etkisinin Karşılaştırmalı İncelemesi

Necla BANDIRMALI, Celal ÇEKEN, Cüneyt BAYILMIŞ, İsmail ERTÜRK  
Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,  
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü  
Umuttepe Yerleşkesi, 41380, KOCAELİ

## ÖZET

Kablosuz ATM (KATM), ses, veri ve video gibi farklı türdeki trafiklerin kablosuz ortam üzerinden iletimini amaçlar. KATM, ATM'in kablolu ortamda sağladığı servis kalitesi desteği ve yüksek veri iletim hızı gibi önemli özelliklerine sahiptir. Ortam Erişim Kontrol (OEK) katmanı, çok sayıda KATM kullanıcılarına kablosuz ortam kaynaklarının etkin olarak paylaşılmasını sağlar. Bu katmanın sunduğu servis kalitesi desteği, CBR, VBR, ABR ve UBR standart ATM trafik sınıflarını içermelidir. Bu çalışmada, TDMA/FDD tekniğine dayalı PRMA/DA ve MAC-GB KATM OEK protokollerinin, OPNET yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen modelleri ve benzetimi sunulmaktadır. Video trafiğinin bu protokoller üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenerek, benzetim sonuçları değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** KATM, Servis Kalitesi, OEK

## A Comparative Study of Effects of Video Traffics on Different Wireless ATM Macs

### ABSTRACT

Wireless ATM (WATM) aims at providing transmission of different type of traffics such as voice, data and video over wireless medium. WATM takes advantage of high bit rate and Quality of Service (QoS) guaranteed data transfer which is already well achieved by ATM technology in wired medium. A WATM MAC layer is employed to effectively utilize the shared wireless medium resources by multiple users. The MAC layer must provide support for standard ATM services including UBR, ABR, VBR and CBR traffic classes. In this paper, two different WATM MAC protocols called PRMA/DA and MAC-GB using TDMA/FDD technique are given. Also comparative simulation studies of these protocols for video transfer applications are presented.

**Keywords:** WATM, Quality of Service, MAC.

### 1. Giriş

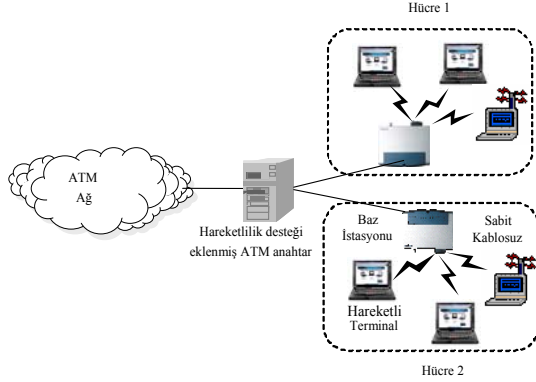
Yüksek başarılı kablosuz bilgisayarların ve diğer hareket destekli haberleşme sistemlerinin gelişmesiyle birlikte kablosuz/hareketli veri haberleşmesinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde kablosuz haberleşme sistemlerinden video, ses, etkileşimli servisler gibi gecikmeye duyarlı gerçek zamanlı çoklu ortam uygulamalarının yüksek bant genişliği, düşük hücre kaybı, düşük gecikme ve düşük gecikme değişimi gereksinimlerinin tam olarak desteklenmesi beklenmektedir.

Kablosuz haberleşmeyi tesis etmek, radyo sinyallerindeki parazitler (gürültü), girişim, düşük bant genişliği, bağlantı sürekliliğinin korunması, yüksek veri kayıp oranları gibi sebeplerden dolayı kablolu haberleşmeye göre oldukça zordur. Günümüzde kullanılan klasik kablosuz teknolojiler çoklu ortam uygulamaları için gerekli olan servis kalitesi desteğini sağlamak açısından oldukça yetersiz kalmaktadır.

Çoklu ortam uygulamalarının gereksinim duyduğu servis kalitesi ihtiyacı kablolu ortamda B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) için standart olarak kabul edilen ATM (Asynchronous Transfer Mode) teknolojisi tarafından sağlanmaktadır. ATM, çoklu ortam trafikleri için birkaç Kbit/s'den birkaç Mbit/s bant genişliklerini, sürekli, sabit hızlı (dosya iletimi gibi) ve yüksek patlamalı (etkileşimli veri ve video vb.) ihtiyaçları desteklemektedir.

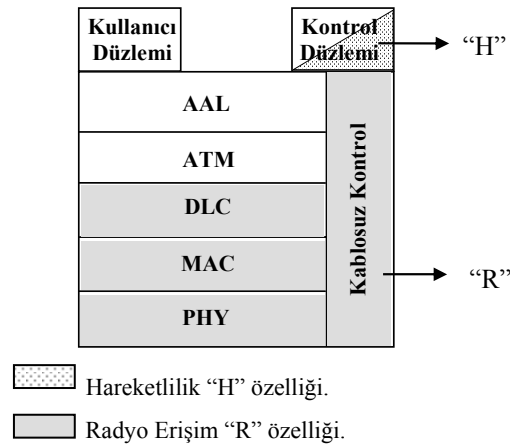
ATM ağlar, gerçek zamanlı uygulamalara yönelik önemli avantajlarından dolayı her ne kadar yerel alan ağları içerisinde kullanılabilirler de günümüzde, servis kalitesi desteğinden yoksun klasik IP veya klasik Ethernet çözümlerle karşılaştırıldığında, yüksek maliyetlerinden dolayı çoğunlukla omurga yapıları içerisinde tercih edildiği bir gerçektir. ATM'in kablolu ağlarda sağladığı başarı, yüksek bant genişliği ve yüksek veri iletim hızlarında (155-600 Mbit/s) çalışması ATM'in kablosuz ortamlarda uygulanabilirliğine (KATM) yönelik araştırmalara ivme kazandırmıştır (1, 2).

KATM, sabit baz istasyonlarının kullanıldığı sistemlere uygulanabildiği gibi, hareketli baz istasyonlarının kullanıldığı nispeten karmaşık sistemlere ya da baz istasyonu kullanmayan daha basit sistemlere de uygulanabilir. Kullanıldığı sistemlere bağlı olarak KATM ağını oluşturan bileşenlerin yapıları farklılık gösterir. Çoğunlukla bir KATM sistemi, hareketli terminallerden ve bunların haberleşmesini kontrol ve koordine eden sabit baz istasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. KATM ağ yapısı

KATM protokol mimarisi, kablosuz iletişim ortamının ihtiyaçlarından dolayı ATM'in mevcut protokol yapısına radyo erişim ve hareketlilik özelliklerinin ilave edilmesini gerektirmektedir. Bunun yanı sıra kullanıcılara ihtiyaçları olan bant genişliğini servis kalitesi garantisıyla tahsis etmek amacıyla ortam erişim kontrolü (Medium Access Control, MAC) katmanı, akış ve hata kontrolünü gerçekleştirmek amacıyla veri bağı kontrolü (Data Link Control, DLC) katmanı, kablosuz iletişim ortamı için fiziksel katman ve kablosuz kontrol katmanı eklenmiştir (Şekil 2).

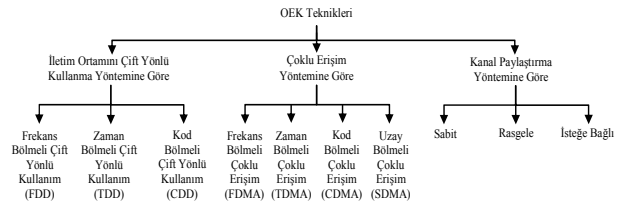


Şekil 2. KATM protokol mimarisi.

KATM teknolojisi, çoklu ortam uygulamalarına servis kalitesi garantisi sağlanmış hizmetler sunmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle kullanılması düşünülen OEK protokolünün ihtiyaç duyulan servis gereksinimlerini karşılaması zorunludur. KATM OEK katmanı için, henüz ATM Forum tarafından bir standart kabul edilmemiştir. Fakat günümüzde bu konuda sürdü-

rülen birçok çalışma bulunmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi OEK teknikleri, iletim ortamını çift yönlü kullanma, kanal paylaşırma ve çoklu erişim olmak üzere üç farklı kritere göre sınıflandırılmaktadır (3, 4).

KATM, hücre iletim gecikmesi, gecikme değişimi ve hücre kayıp oranı gibi servis kalitesi parametrelerini sağlamak zorunda olduğundan OEK protokolü olarak isteğe bağlı kanal paylaşırma yöntemleri kullanır (5). İsteğe bağlı kanal paylaşırma yönteminde terminal, baz istasyonundan erişim kanalı istemek ya da ayırtmak üzere veri yönünde (terminalden baz istasyonuna) bir kontrol kanalı kullanır. Baz istasyonu ise bu istek ve imkanları doğrultusunda ilgili terminale ihtiyacı olan bant genişliğini ayırır. KATM'de kullanılmak üzere literatürde önerilen çeşitli OEK protokolü çalışmaları bulunmaktadır (6).



Şekil 3. OEK tekniklerinin sınıflandırılması.

Bu çalışmada, isteğe bağlı kanal paylaşırma tekniğini kullanan TDMA/FDD (Time Division Multiple Access/Frequency Division Duplexing) tekniğine dayalı PRMA/DA (Packet Reservation Multiple Access/Dynamic Allocation) ve MAC-GB (Guarantee Based MAC) protokollerinin video trafiği iletimi açısından başarımları karşılaştırılmaktadır. OEK protokollerinin karşılaştırılmasında rt-VBR (real time-Variable Bit Rate, Gerçek Zamanlı Değişken Bit İletim Hızı) servis sınıfını kullanan video uygulaması seçilmesinin sebebi, incelenen OEK protokollerinin başarımlarını incelemek için gerekli tüm ölçütlere sahip olmasıdır.

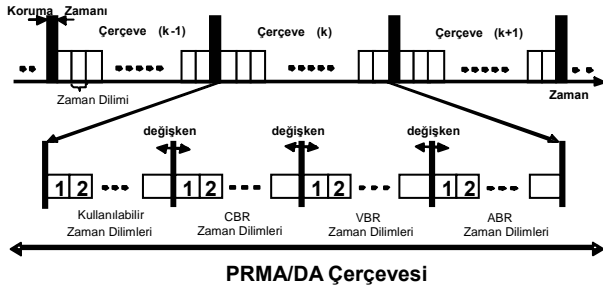
Video iletimi; hücre kaybı, hücre gecikmesi ve hücre gecikme değişimine duyarlı, bant genişliği ihtiyacı ani değişimler gösteren bir uygulamadır. Bu uygulamanın gereksinimleri ve iletim parametreleri en iyi şekilde ATM VBR servis sınıfının kullanılması ile gerçekleştirilir.

Makalenin 2. bölümünde KATM OEK protokollerinden PRMA/DA ve MAC-GB hakkında kısa bilgiler verilmektedir. 3. bölümde çoklu ortam uygulama trafikleri, servis kalitesi ihtiyaçları açısından incelenmektedir. 4. bölümde ise OPNET yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen video iletimi uygulaması benzetimleri ve karşılaştırmalı başarımlar analizleri sunulmaktadır.

## 2. KATM OEK PROTOKOLLERİ

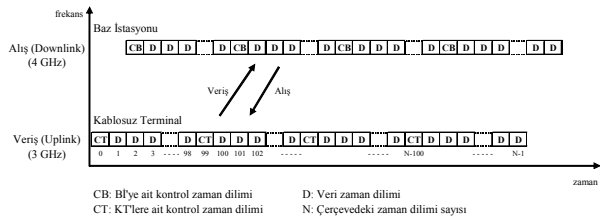
OEK protokolü, sınırlı bant genişliğine sahip kablosuz iletim ortamını kullanıcılar arasında etkin olarak paylaşırma amaçlayan fonksiyonlardan oluşur. Bu bölümde, sunulan çalışmanın altyapısını oluşturan PRMA/DA ve MAC-GB KATM protokollerinin çalışma prensipleri verilmektedir.

PRMA/DA protokolü haberleşme amacıyla çerçevelerden faydalanır (Şekil 4). Veriş yönü (Uplink) tarafında çerçeve sabit uzunlukta tasarlanmıştır. Çerçeveler aynı büyüklükte olan sabit sayıda zaman dilimlerine bölünmüştür. Her çerçeve, kullanılabilir zaman dilimleri (Available slots), CBR zaman dilimleri, VBR zaman dilimleri ve ABR zaman dilimleri olarak adlandırılan dört farklı kısımdan oluşur. Veriş yönünde terminaller kullandıkları uygulamaya ait olan ATM trafik sınıfı zaman dilimleri üzerinden iletimi gerçekleştirir. Alış yönü (Downlink) tarafında ise baz istasyonu yayın (broadcast) modunda çalışır ve kablosuz terminallere trafik sınıflarına göre tahsis edilen zaman dilimi sayılarını bildirir (6, 7).



Şekil 4. PRMA/DA protokolü çerçeve yapısı

MAC-GB protokolünde ise iletim ortamı, Şekil 5'de görülen zaman dilimlerine bölünmüştür. Kablosuz terminaller veri iletimi için kendilerine tahsis edilen zaman dilimlerini kullanır. Kablosuz ortam alış ve veriş kanalları için farklı frekans bandı kullanmaktadır (FDD). Kablosuz terminaller, ihtiyaç duyduklarında gönderecekleri veriler için baz istasyonundan kanal isteğinde bulunur. Baz istasyonu da terminalde çalışan uygulamanın servis kalitesi değişkenlerini ve ihtiyaçlarını göz önüne alarak, yeterli miktar ve aralıktaki zaman dilimini, mevcut bant genişliğinin yönetiminden sorumlu zaman dilimi tahsis tablosundan bağlantı için ayırır. Kullanılabilecek zaman dilimi sayısı, uygulamanın servis kalitesini sağlamaya yetecek kadar değil ise bağlantı kurulamaz (6, 8).



Şekil 5. MAC-GB protokolü çerçeve yapısı

PRMA/DA ve MAC-GB protokollerinin çalışmalarını incelendiğinde PRMA/DA'da çerçeve içerisindeki trafik sınıfları için zaman dilimi sayılarının sabit olduğu ve MAC-GB'de ise çerçeve içerisindeki zaman dilimlerinin ihtiyaca göre servis sınıflarına dinamik olarak tahsis edildiği görülmektedir. Kullanıcıların değişen trafik türü istekleri ve yük yoğunluğundaki artış gibi etkenler göz önüne alındığında MAC-GB protokolünün ihtiyaca rahatlıkla cevap verebilirken, PRMA/DA pro-

tolünün sınırlı sayıda kullanıcıya (servis sınıfları için ayrılan zaman dilimi sayısı kadar) istenilen hizmeti verebileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle özellikle rt-VBR servis sınıfı desteği gerektiren video uygulamaları açısından karşılaştırıldıklarında MAC-GB protokolünün üstünlüğünü ifade etmek mümkündür.

### 3. ÇOKLU ORTAM UYGULAMA TRAFİKLERİ

Çoklu ortam, ses, video, metin ve görüntü gibi farklı karakteristiklere sahip bilgilerin birleşimidir. Ortamdaki trafiklerin farklı özellikler göstermesi haberleşme sistemine ek yükler getirir. Çoklu ortam haberleşmesinde kullanılan trafikler iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar; ayrık ortam trafikleri ve sürekli ortam trafikleridir (9).

Ayrık ortam trafikleri metin, grafik, sayısal veri, bit eşlem görüntüsü ve geometrik çizimler gibi zamandan bağımsız uygulama trafikleridir. Bu tür verilerin yakalanması, depolanması, iletilmesi ve gösterilmesi sabit ya da tahmin edilebilir bir zaman dilimi gerektirmez.

Sürekli ortam trafikleri ses, video bölümü, animasyon ya da zaman bağımlı verilerden oluşur. Gerçek zamanlı trafikler, kullanılan sistem tarafından tahmin edilebilir ve belirlenmiş zaman aralığı içerisinde işlenmelidir.

Uygulamaların karakteristikleri servis kalitesi parametrelerine olan duyarlılıkları ile belirlenir. Servis kalitesini etkileyen parametrelerin başlıcaları Hücre Kayıp Oranı (Cell Loss Ratio, CLR), Hücre İletim Gecikmesi (Cell Transfer Delay, CTD) ve Hücre Gecikme Değişimi (Cell Delay Variation, CDV) olarak sayılabilir. Değişik uygulamaların bu parametrelere olan duyarlılıkları Tablo 1'de görülmektedir. Ses ve video iletimi çoğunlukla gerçek zamanlı uygulamalar olduğundan, bu tip trafiklerde bilginin tamamının iletiminden çok, iletimin sürekliliği ve hücrelerin iletiminde ortaya çıkan gecikme değişimi önem kazanmaktadır. Veri (Data) iletiminde ise gecikme sorun teşkil etmezken, veri kaybı oluşmaması oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Tablo 1. Değişik uygulamaların servis kalitesi parametrelerine olan duyarlılıkları.

Trafik Tipi	Hücre Kayıp Oranı (CLR)	Hücre İletim Gecikmesi (CTD)	Hücre Gecikme Değişimi (CDV)
Veri	Çok hassas	Hassas değil	Hassas değil
Ses	Az hassas	Çok hassas	Çok hassas
Video	Az hassas	Çok hassas	Çok hassas

### 4. MODELLEME VE BENZETİM

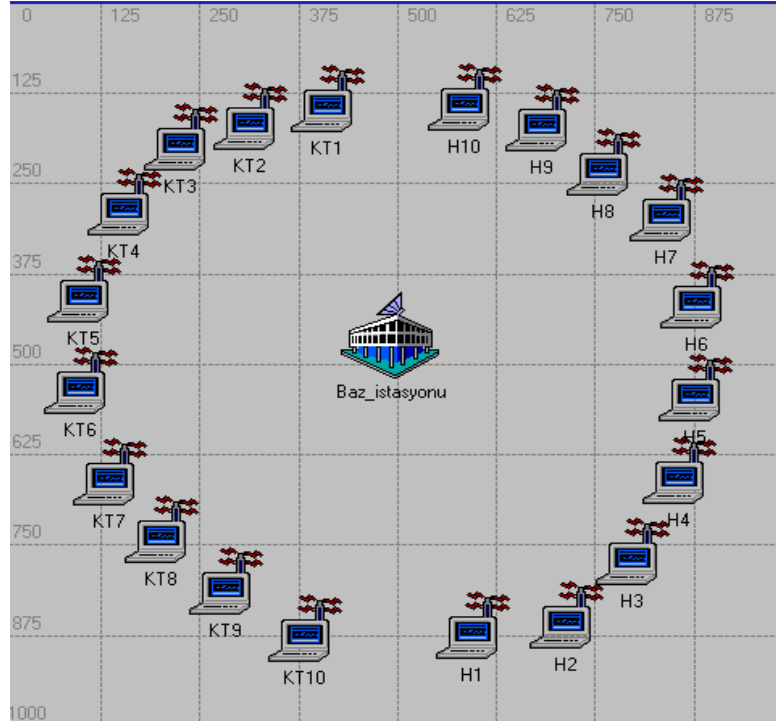
Bu bölümde yukarıda yapıları özetle açıklanan PRMA/DA ve MAC-GB protokolleri kullanılarak oluşturulan KATM modellerinde video iletimi benzetim uygulaması sunulmaktadır.

Video iletimi, bant genişliği ihtiyacı ani değişimler gösteren patlamalı bir trafik oluşturduğundan, VBR servis sınıfı kullanılarak gerçekleştirilir. OPNET yazılımı ile modellenen ve benzetimi yapılan video iletimi uygulaması Şekil 6'da görülmektedir. 20 adet Kablosuz Terminal (KT) oluşan bu modelde, karşılıklı olarak toplam 10 video uygulaması yürütülmektedir. Modellerde kullanılan benzetim parametreleri Tablo 2'de verilmektedir.

#### 4.1. Benzetim Sonuçları ve Değerlendirme

Bu alt bölümde, yukarıda açıklanan modelin değişik video trafik yükleri altında elde edilen benzetim sonuçları ve başarımların analizi sunulmaktadır.

Değişen video trafik yükleri altında her iki OEK protokolünün VBR servis sınıfı için sağlamış olduğu servis kalitesi desteği, uçtan uca ortalama gecikme, gecikme değişimi ve maksimum gecikme parametrelerine



Şekil 6. KATM ağ uygulaması modeli.

Tablo 2. Benzetim parametreleri.

Trafik Kaynakları	50000–350000* (bayt/s)
Alış/Veriş Bit Hızı	25 Mbit/s
Frekans Bandı	Veriş=3 GHz , Alış=4 GHz
Verici Gücü	BS=100 mW WTs=100 mW
Modülasyon Şeması	QPSK
VBR Parametreleri	SCR= 85 KBayt/s, PCR= 110 KBayt/s, CTD=100 ms, CDV=1 ms
Kanal Modeli	Free Space Propagation Model (LoS)
*Üstel dağılım fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir.	

QPSK: Kare Faz Kaymalı Anahtarlama (Quadrature Phase Shift Keying)

SCR: Sürdürülebilir Hücre İletim Hızı (Sustainable Cell Rate)

PCR: En Yüksek Hücre İletim Hızı (Peak Cell Rate)

CTD: Hücre İletim Gecikmesi (Cell Transfer Delay)

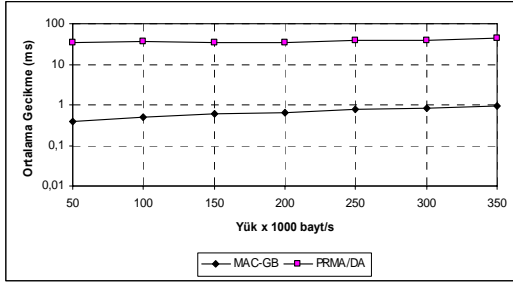
CDV: Hücre Gecikme Değişimi, Jitter (Cell Delay Variation)

LoS: Görüş Alanı (Line of Sight)

göre incelenmektedir. Video trafik yükü 50000–350000 bayt/s aralığında değiştirilerek modeldeki KT1-H1 terminaleri arasındaki benzetim sonuçları elde edilmiştir.

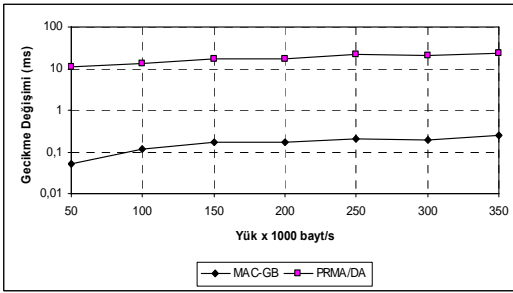
Şekil 7'de KT1-H1 arasındaki video uygulamasının uçtan uca ortalama gecikme sonuçları görülmektedir. Grafikten anlaşılacağı üzere MAC-GB protokolü kullanılarak oluşturulan KATM modeli PRMA/DA protokolü kullanılarak oluşturulana göre daha iyi sonuç vermektedir. En düşük yük değerinde (50000 bayt/s) MAC-GB için ortalama gecikme değeri 0,38 ms iken PRMA/DA için bu değer 34,2 ms olarak elde edilmiştir. Yine en yüksek yük değerinde (350000 bayt/s) MAC-GB için 0,93 ms ve PRMA/DA için 44,02 ms ortalama gecikme değerleri oluşmaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda en yüksek yük değerinde dahi MAC-GB protokolünün PRMA/DA protokolüne 47 kat kadar üstünlük sağladığı anlaşılmaktadır. Ayrıca aynı yük değişim miktarı (50000 bayt/s'den 350000 bayt/s'ye) için PRMA/DA kullanılarak gerçekleştirilen video iletimi diğer yöntemle karşılaştırıldığında, ortalama gecikme sonuçlarında yaklaşık 18 kat daha fazla bir artış söz konusudur. Bu nedenle artan yük miktarları, MAC-GB

protokolünün kullanımını ayrıca önemli bir tercih sebebi haline getirmektedir.



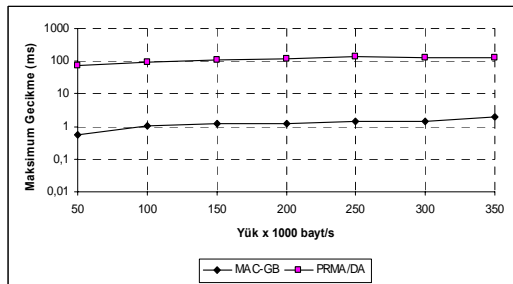
Şekil 7. Değişen video yüklerinde MAC-GB ve PRMA/DA protokollerinin ortalama gecikme sonuçları.

Şekil 8'de KT1-H1 arasındaki video uygulamasının uçtan uca gecikme değişimi sonuçları görülmektedir. En düşük yük değeri olan 50000 bayt/s'de, MAC-GB protokolü PRMA/DA protokolüne göre 224 kat daha iyi gecikme değişimi sonucu vermektedir. En yüksek yük değerinde ise bu fark 94 kata kadar düşmektedir. Dolayısıyla artan yük miktarlarının, gecikme değişimi açısından her iki yöntemi sonuçlar itibarıyla birbirine yaklaştırdığını ifade etmek mümkündür.



Şekil 8. Değişen video yüklerinde MAC-GB ve PRMA/DA protokollerinin gecikme değişimi sonuçları.

Şekil 9'da KT1-H1 arasındaki video uygulamasının uçtan uca maksimum gecikme sonuçları görülmektedir. Grafikten anlaşılacağı gibi tüm yük değerleri için MAC-GB protokolünün maksimum gecikme değerinin PRMA/DA protokolünün maksimum gecikme değerinden düşük olduğu görülmektedir. Maksimum gecikme değerlerinin 100 ms mertebesinde değiştiği PRMA/DA yönteminin kullanıldığı uygulama, gerçek zamanlı video trafiklerinin iletimi için önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır.



Şekil 9. Değişen video yüklerinde MAC-GB ve PRMA/DA protokollerinin maksimum gecikme sonuçları.

## 5. SONUÇ

Yaşanan hızlı teknolojik gelişmelere rağmen günümüzde kullanılan kablosuz sistemler, gerek veri iletim hızlarının düşük olmaları nedeniyle gerekse servis kalitesi garantisi sağlayamadıklarından, çoklu ortam uygulamaları için oldukça yetersiz kalmaktadırlar.

ATM teknolojisi kablolu ortamda, çoklu ortam uygulamaları gibi patlamalı trafikleri en etkin şekilde destekleyebilmektedir. KATM teknolojisi de ATM'in bu başarısını kablosuz ortama taşıma düşüncesinden hareketle geliştirilmiştir. Kablosuz ortamın fiziksel karakteristiklerinden kaynaklanan sorunlar giderildiği takdirde KATM, özellikle çoklu ortam uygulamaları gibi servis kalitesi desteği gerektiren trafiklere etkin olarak hizmet verebilecek potansiyele sahiptir.

Bu çalışmada KT'ler arasında video iletimini sağlamak amacıyla KATM için önerilen MAC-GB ve PRMA/DA ortam erişim kontrol protokollerinin kullanıldığı iki ağ uygulaması modeli benzetim ortamında gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Benzetim sonuçları değerlendirildiğinde, beklendiği gibi MAC-GB protokolünün PRMA/DA protokolünden tüm servis kalitesi parametrelerinde daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. PRMA/DA protokolünün kullanıldığı ağda, bir TDMA çerçevesi oluşturan zaman dilimleri, kablosuz terminallerin ihtiyaçlarındaki değişim dikkate alınmaksızın tüm servis sınıfları için sabit ve eşit sayıda tahsis edilirken, MAC-GB protokolü ile zaman dilimleri, kablosuz terminallerdeki uygulamaların servis kalitesi gereksinimleri göz önüne alınarak ve dinamik olarak yapılmaktadır. Sonuç olarak, özellikle düşük gecikme değişimi ve düşük ortalama gecikme gereksinimleri açısından, video trafiklerinin, kablosuz ortam kaynaklarını uygulamalara oldukça verimli bir şekilde tahsis eden MAC-GB protokolünün kullanıldığı KATM sistemlerinde sağlıklı iletimi gerçekleştirilebilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Raychaudhuri D., Wireless ATM Networks Technology Status and Future Directions, In Proceedings of IEEE, Vol. 87, pp. 1790-1805, 1999.
2. Ayanoglu E., Wireless Broadband and ATM Systems, Computer Networks, Vol. 31, pp. 395-409, 1999.
3. Rappaport, T.S., Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall, 1996.
4. Bostie, J., Kandus, G., MAC Scheduling for Fixed Broadband Wireless Access Systems, European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, 2001.
5. Hyon, T., Wireless ATM Network Medium Access Control with Adaptive Parallel Multiple Substream CDMA Air-interface, PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Electrical Engineering, June 2001.

6. Ceken C., Erturk I., Bayilmis C., A New MAC Protocol Design for WATM Networks, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3261, pp. 564-575, October 2004.
7. Kim J. G., Widjaja I., PRMA/DA: A New Media Access Control Protocol for Wireless ATM, IEEE ICC, pp. 240-244, 1996.
8. Ceken C., Erturk I., Bayilmis C., Kablosuz ATM ile Gerçek-Zamanlı Olmayan Data Transferi, Süleyman Demirel Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Vol. 8-1, pp. 102-108, 2004.
9. Hac, A., Principles of Telecommunications Network Architecture, Prentice Hall, 2000