

KABLOSUZ ATM KULLANARAK VERİ VE SES TRANSFERİ UYGULAMASI

Celal ÇEKEN¹

İsmail ERTÜRK²

Cüneyt BAYILMIŞ³

^{1,2,3}Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
Teknik Eğitim Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

¹e-posta: cceken@kou.edu.tr ²e-posta: erturk@kou.edu.tr ³e-posta: bayilmis@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: ATM, Kablosuz ATM, Ses ve Veri Transferi

ABSTRACT

For the last decade wireless/mobile networking has been gaining an increasing importance together with developments in the cellular communication technologies. Current wireless networking infrastructure is inadequate for multimedia applications each requiring a different quality of service support. This paper presents recently introduced Wireless ATM technology and its application for transferring data and voice traffic. An example model simulated using a commercial simulation tool followed by the performance analysis of the proposed scheme is also given.

1.GİRİŞ

Her geçen gün kendini daha da güçlü olarak hissettiren bilgi çağı koşulları, bilginin daha yoğun ve güvenli iletilmesi için bilgi otoyollarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bilginin iletilmesinde değişik teknolojiler kullanılmaktadır. ATM (Asenkron Transfer Metodu) teknolojisi de uluslararası telekomünikasyon kurumu ITU-T tarafından BISDN standardı olarak seçilen ve ses, veri, video ve çoklu ortamdan oluşan çeşitli veri trafikerine hizmet verebilen anahtarlama ve taşıma teknolojisidir. Geniş alanda yüksek hız ve esnek bant ihtiyaçlarını karşılamada ATM teknolojisi bütün dünyada önemli bir çözüm olarak kullanılmaktadır. TDM ve istatistiksel çoklamanın iyi olan yönlerinin kullanılmasıyla ortaya çıkmış olan bu teknoloji ile, TDM özelliğinin sağladığı servis garantisi, kaynakların etkin kullanılması mümkün olmakta ayrıca gerçek zamanlı ve gerçek zamansız uygulamalar için uygun bir ortam sağlanmaktadır [1].

Son yıllarda kablosuz haberleşmenin önemi, özellikle hücreli telefonların gelişmesiyle oldukça artmıştır. Farklı kablosuz iletişim servislerine hizmet etmek üzere bir çok sistem geliştirilmiştir. Mevcut sistemler düşük veri iletim hızına sahip

olduklarından ve servis kalitesi garantisi sağlayamadıklarından çoklu ortam uygulamaları için yetersiz kalmaktadır. ATM teknolojisinin kablolu ortamdaki başarısı, kablosuz ATM düşüncesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kablosuz ATM teknolojisi, ATM teknolojisinin kablolu ortamda sağladığı yüksek veri iletim hızı ve servis garantisi özelliklerini kablosuz ortamda da gerçekleştirme düşüncesinin bir sonucudur [2].

Henüz gelişme aşamasında olan kablosuz ATM teknolojisi için standartlar geliştirmek üzere ATM Forum tarafından kablosuz ATM çalışma grubu kurulmuştur. Ayrıca standart kuruluşu ETSI (European Telecommunications Standards Institute) kablosuz ATM fiziksel katmanı için standartlaştırma çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu bildirinin ilk bölümünde ATM teknolojisi hakkında genel bilgiler verilecektir. İkinci bölümde kablosuz ATM tanıtılarak, kablosuz ATM ağ bileşenleri ve protokol yapısı incelenecektir. Üçüncü bölümde örnek bir kablosuz ATM referans ağı tanıtılarak OPNET simülasyon yazılımı ile modellenmesi gerçekleştirilecektir. Son olarak bu modelin simülasyon sonuçları değerlendirilecektir.

2. ATM

ATM, B-ISDN için tasarlanan ses, veri ve video gibi değişik türde bilgilerin aynı ortamdan hızlı bir şekilde aktarılması olanağını sağlayan, bağlantı yönelimli, yüksek hızlı anahtarlama ve çoklamaya uygun bir teknolojidir. Genişbant Tümlleşik Servisler Sayısal Şebekesini (BISDN – Broadband Integrated Services Digital Network) gerçekleştirmek için uluslararası telekomünikasyon kurumu ITU-T tarafından seçilmiştir. Özellikle, yüksek hızda büyük hacimde bilgi taşımak için tasarlanan ATM; ses, veri, video ve çoklu ortam dan oluşan çok çeşitli veri trafikerin hizmet verebilmek için geliştirilmiştir. ATM, kamu ve özel şebekelerden oluşan geniş alan şebekelerinde kullanıldığı gibi, yerel alan

ağlarında da kullanılmaktadır. Bu durum ATM'nin en önemli özelliklerinden biridir. TDM ve İstatistiksel çoklamanın iyi olan yönlerinin kullanılmasıyla ortaya çıkmış olan bu teknoloji ile, TDM özelliğinin sağladığı servis garantisi, istatistiksel çoklamanın sağladığı kaynakların etkin kullanılması mümkün olmakta ayrıca gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan uygulamalar için uygun bir ortam oluşturulmaktadır [1].

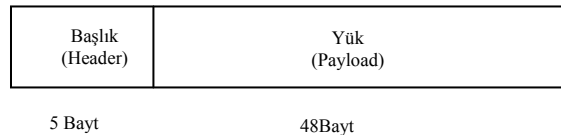
ATM protokolü üç ana katman içermektedir. Temel işlevleri aşağıda açıklanan bu katmanlar ATM Adaptasyon Katmanı, ATM Katmanı ve Fiziksel Katman olarak adlandırılır.

ATM Adaptasyon Katmanı (AAL) kullanıcılara uygun servis karakteristiklerini temin eder ve transfer edilecek veriyi 48 baytlık parçalara böler. Bunlara aynı zamanda yük (payload) adı da verilir. Bu yükler ATM katmanına geçirilir. ATM adaptasyon katmanları, daha yüksek katmanlardaki uygulamaların ATM hücrelerine uyarlanmasından sorumludur.

ATM Katmanı AAL katmanından gelen verilere 5 baytlık bir başlık bilgisi ekleyerek hücre oluşturur. Eklenen bu başlık, hücrenin doğru bağlantı üzerinden gönderilmesini temin eder. ATM katmanının karakteristikleri fiziksel ortamdan bağımsızdır. 4 ana işlevi bulunmaktadır. Birinci işlevi hücre çoklaması ve tekrar çözülmesidir. İkinci işlevi hücre başlığında bulunan Sanal Yol Numarası (Virtual Path Identifier, VPI) ve Sanal Kanal Numarası (Virtual Channel Identifier, VCI) değerlerinin anahtarlama esnasında değiştirilmesidir. Üçüncü işlev ATM Adaptasyon Katmanı ile haberleşme yapabilmek için ek başlık bilgisi oluşturulması ve çıkarılmasıdır. Alışta başlık bilgisi çıkarılarak hücredeki asıl bilgi daha yüksek katmana aktarılır. Son olarak bu katman akış kontrolünün gerçekleştirir.

Fiziksel Katman transfer edilecek hücre bitlerinin elektriksel veya optik karakteristiklerini belirlemek amacıyla şebeke arayüzünü oluşturur.

Daha önce de belirtildiği gibi bir ATM hücresi 48 baytlık bir veri alanına (yük) ve 5 baytlık bir başlığa sahiptir (Şekil 1).



Şekil-1. ATM Hücre Yapısı.

Bir ATM ağ içerisinde belli sayıdaki ATM anahtarlar noktadan noktaya ATM linkler ile birbirlerine bağlıdır. Anahtarlar iki farklı arayüzü desteklemektedir. Bunlar, Kullanıcı-Ağ Arayüzü

(UNI) ve Ağ-Ağ Arayüzüdür (NNI). UNI bir ATM uç sistemini ağa bağlar iken NNI ise farklı ağ sistemlerine ait iki ATM anahtarını birbirine bağlar.

ATM ağları bağlantıya yönelik olduklarından verinin kaynaktan hedefe iletilmesinden önce sanal bir devrenin kurulması gerekmektedir. ATM ağlarda hücre anahtarlanması için VCI değeriyle tanımlanan sanal kanal (VC) ve VPI değeriyle tanımlanan sanal yol (VP) kavramları kullanılmaktadır.

3.KABLOSUZ ATM

Son yıllarda kablosuz ATM'ye olan ilgi artmaktadır. ATM Forum Haziran 1996'da kablosuz ATM çalışma grubunu kurmuştur ve ETSI kablosuz ATM'nin fiziksel katmanı için standartlaştırma çalışmalarını sürdürmektedir. Avrupa ve Amerika'da kablosuz erişim için 300 MHz den fazla lisanssız frekans bandı ayrılmıştır. Bu frekans bandının özellikle internetten çoklu ortam uygulamalarına erişim sağlamak amacıyla kullanılması düşünülmektedir. Bu tür çoklu ortam uygulamaları kablosuz paket ağ yapılarını gerektirir ve kablosuz ATM bu gereksinimi karşılayacak potansiyele sahiptir [3].

Kablosuz haberleşme ortamı kablolu ortamdan çok farklı olduğundan gerçekleştirilmesi çeşitli zorlukları da birlikte getirecektir. Kablosuz haberleşmede taşıyıcı olarak kullanılan radyo kanalları, kablosuz haberleşme sistemlerinin performanslarının sınırlanmasında önemli ölçüde etkilidirler. Kablosuz ortamda alıcı ile verici arasındaki iletişim kanalları çok çeşitlidir. Verici tarafından gönderilen bilgiler bir çok kanalı kullanarak farklı güçlerde ve farklı zaman gecikmeleriyle alıcıya ulaşabilirler (multipath). Durağan ve kestirilebilir kablolu ortamdan farklı olarak radyo kanalları rasgeledirler ve analiz edilmeleri oldukça zordur. Radyo kanallarının modellenmesi gezgin radyo sistemi tasarımlarının en zor parçasıdır ve tipik olarak modelleme, ilgili haberleşme sistemine ya da ayrılmış frekans aralığına özel yapılmış ölçümlere dayanan istatistiksel gösterimlerle gerçekleştirilir [4]. ATM sistemleri bit hata oranı çok düşük ($BER=10^{-10}$) olan ortamlar için düşünülmüştür. Kablosuz ATM sistemler ise bazı uygulamalar için kabul edilemeyecek yüksek bit hata oranı ($BER=10^{-4}$) değerlerine sahip kablosuz ortamlarda çalışacaktır.

Kablosuz haberleşme sistemlerinin kullanıcılarına değişik coğrafi bölgelerden ve değişik hızlarda hareket ederken servis vermeleri gerekecektir. Hareketli kullanıcıların bir erişim noktası bölgesinden diğerine geçerken verilen servislerin kesilmemesi gerekir. Bu nedenle özel hareketlilik destek fonksiyonlarının yerine getirilmesi zorunludur.

Ayrıca ATM bant genişliği açısından zengin ortamlarda çalışmaktadır. Gezgin radyo haberleşmesi için ayrılan frekans bandı sabittir ve servis sağlanacak abone sayısı sürekli artmaktadır. Bu nedenle kablosuz ortamlar bant genişliği açısından oldukça pahalı kaynaklardır. Bu

sorunların çözümlenebilmesi için mevcut ATM sistemlerinin işlevlerine geliştirilmiş özellikler eklenmelidir [5].

Tüm bu problemler çözüldüğünde kablosuz ATM kullanıcılarına aşağıda belirtilen önemli avantajları sağlayacaktır:

- Hizmet verilecek uygulamaya göre esnek olarak bant genişliği tahsis etme ve servis türü seçebilme.
- Patlamalı ve çoklu ortam verilerini etkili olarak çoğullama.
- Kablosuz ortama ihtiyaç duyan çoklu ortam uygulamalarının servis garantisini ihtiyaçları en iyi şekilde karşılanabilir.
- Kullanıcılar ATM şebekelere kablosuz erişme ihtiyacı duyacaklardır. Kablosuz ortamda da ATM kullanılırsa, ATM şebekelere erişim çok daha kolay olacaktır.
- Genişbant servislerinin uçtan uca kablosuz ve kablolu şebekeler üzerinden sağlanması gerekir. ATM bağlantıya yönelik olduğu için bu gereksinimi karşılayabilir.
- Hücreler arası anahtarlama işleminde mevcut ATM anahtarlama cihazlarının uygunluğu.
- İhtiyacı karşılayacak bir başka kablosuz standardın bulunmaması [3].

ATM Forum günümüz bilgisayar ağlarını da kapsayacak ve ATM teknolojisinin kullanımına olanak sağlayacak kablosuz ATM ağlarını geliştirmektedir. Mevcut ATM Forum standartlarıyla uyumluluğun göz önüne alınarak ATM ağlarına hareketlilik ve radyo erişimi özelliklerinin kolaylıkla kazandırılabilmesi hedeflenmektedir. ATM Forum çalışmalarını iki ana grup altında sürdürmektedir:

a) Radyo Erişim Katmanı (Radio Access Layer, RAL) Protokolleri: Radyo erişim katmanı, kablosuz ortam erişim kontrolü, kablosuz veri link kontrolü, radyo kaynak kontrolü, el değiştirme

(handover) konuları.

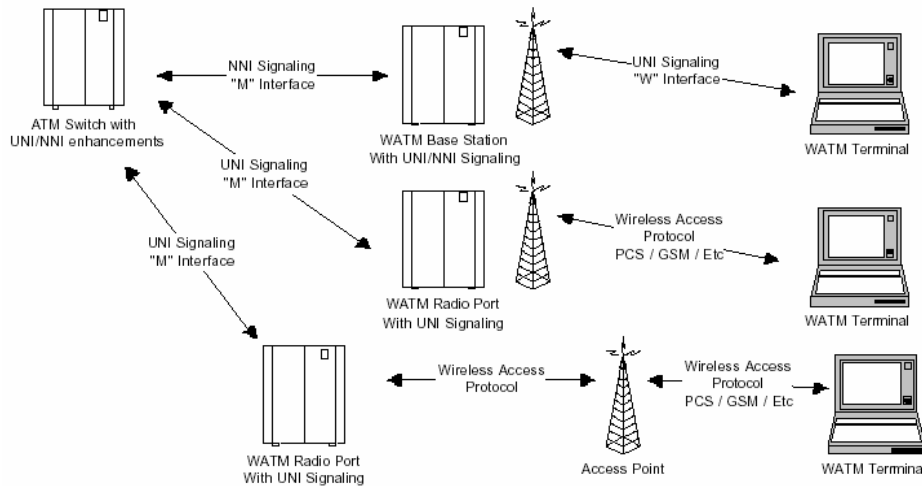
b) Gezgin ATM Protokol İlaveleri (Mobile ATM Protocol Extensions): El değiştirme işaretleşmesi, konum yönetimi, gezgin yönlendirme, trafik ve servis kalitesi kontrolü, ağ yönetimi.

3.1 Kablosuz ATM Ağ Bileşenleri

Farklı kablosuz uygulamalara bağlı olarak radyo erişim birimlerinin yapısı değişebilir. Bu birimlerin bazıları şunlardır: Sabit kablosuz bileşenler, gezgin son kullanıcılar, gezgin anahtarlar sabit son kullanıcılar, gezgin anahtarlar gezgin son kullanıcılar, bireysel haberleşme sistemleri ile ağlararası iletişim kurma, kablosuz AD-Hoc ağlardır.

Bu çalışmada kullanılan kablosuz ağda gezgin son kullanıcılar bulunmaktadır. WATM çalışma grubu, kablosuz ATM sisteminin mimarisini 3 ana bileşenle tanımlamaktadır (Şekil 2).

İlk bileşen, hareketlilik desteği ile birlikte UNI ve NNI işaretleşme protokolleri için gerekli fonksiyonları sağlayan *kenar anahtarıdır*. İkinci bileşen, hareketlilik desteği eklenmiş *baz istasyonları* (base station), *radyo portları* (radio port) ve *erişim noktalarından* (access points) oluşur. Baz istasyonları, UNI/NNI protokollerini destekleyen anahtarlar şeklinde tanımlanır. Radyo portları, UNI protokolünü destekler ve radyo arabirimini içerir. Erişim noktaları kablosuz ATM tarafından, yerel olmayan işaretleşme ile yalnız radyo arabirimi çevirmesinde göz önünde bulundurulur. Kablosuz ATM mimarisindeki üçüncü bileşen ise hareketlilik geliştirme ile beraber, radyo ağ arabirim kartı (Network Interface Card-NIC) ve UNI yazılımından oluşan *gezgin sunucudur*. Bir baz istasyonu kablosuz ATM terminali ile haberleşirken, hava arabirimi "W" (Wireless) UNI tanımlaması olarak gösterilir. Baz istasyonundan veya radyo portundan UNI/NNI ATM anahtarına işaretleşmeler "M" (Mobility) tanımlamasıyla ifade edilir. Böylece WATM çalışma grubunun "hareketlilik altyapısı" ve "radyo erişimi" bölümleri içerisindeki tanımlamalarının ayrılması amaçlanmaktadır [2].



Şekil-2. Kablosuz ATM Bileşenleri

3.2 Kablosuz ATM Referans Protokol Modeli

WATM çalışma grubundaki en son incelemeler, çoklu kullanıcı arasındaki fiziksel katman senkronizasyonu ve protokol arayüzleme için sırasıyla Veri Bağlantı Kontrolü (Data Link Control, DLC) ve Ortam Erişim Kontrolü (Medium Access Control, MAC) eklenmesini ön görmektedir. DLC katmanı, bağlantı katmanı kontrolü ve hata kontrolü için hücrelere yeni baytlar ekler. 53 baytlık ATM hücresi bütün şekliyle durmaktadır. Bu protokol ekleri, Şekil 3'de görüldüğü gibi "M" arayüzleri üzerinde oluşmaktadır. Hücre bütünlüğünde yapılan bu değişiklikler diğer ATM servislerinin (örneğin işletme, bağlantı kurulumu, adresleme v.b.), sabit ağlarda olduğu gibi kablosuz bağlantı boyunca çalışmasına imkan tanır. "W" arabirimi DLC katmanı, güç kontrolü, kaynak tahsisi ve kayıt için uyumlu kontrol düzeni genişlemelerini içerir. DLC onayları ve bağlantı yönetimi için eklenen yeni kontrol paketleri hareket desteği ile düzenli şekilde ATM işletmesi, bütün bağlantı kurulumu, el değiştirme ve QoS görüşmesi için kullanılır. DLC katmanının temel fonksiyonu, yeni baz istasyonlara kayıtların kontrol edilmesidir [2].

MAC katmanı, ait olduğu fiziksel katman etrafında çoklanılacak olan farklı kullanıcıların DLC katmanları için kablosuz kontrol, veri ve işletmeyi sağlar. MAC katmanının önemli bir özelliği, radyo bağlantılarının verimli kontrolünü sağlarken ihtiyaç duyulan QoS desteğini de temin etmesidir.

DLC katmanının üzerine, gerekli ilave işletme desteğini sağlamak için bir düşey kontrol katmanı eklenir (Şekil 3). Burada sağlanan yeni fonksiyonlar, Özel Ağdan-Ağa Arabirim ve Kullanıcı-Ağ Arabirimine İşletme Protokolü, "M" hareketlilik tanımlamaları şeklinde ele alınır.

ATM Adaptasyon Katmanı (AAL)		Kablosuz Kontrol
ATM Katman	Kablosuz DLC	
	Kablosuz MAC	
Radyo Alt Katmanı		

Şekil-3. Kablosuz ATM Protokolü Alt Katmanları.

4. KABLOSUZ ATM ÜZERİNDEN SES VE VERİ TRANSFERİ MODELİ VE SİMÜLYONU

Şekil 4'te, bu bildiriye sunulan kablosuz ATM üzerinden ses ve veri transferini gerçekleştirmek üzere OPNET simülasyon programı yardımıyla

tasarlanan uygulama modeli görülmektedir. Buradaki kablosuz ATM ortamı, ATM hizmet kategorilerine uygun olarak farklı uygulamaların servis kalitesi ihtiyaçları doğrultusunda transfer işlemini gerçekleştirmektedir.

Simülasyon modelinde standart OPNET modüllerinden olan Gezgin Terminal (Mobile Terminal), Erişim Noktası (Access Point), ATM Anahtar (ATM Switch) ve ATM Trafik Üretici (ATM Source) kullanılmıştır. Gezgin Terminal, standart bir terminale radyo alıcı-verici (radyo transceiver) eklenilerek oluşturulur. Şekilden de anlaşılacağı üzere, bu modelde Erişim Noktası-1'in kapsama alanı içerisindeki Gezgin Terminaller, ATM Anahtar vasıtasıyla Erişim Noktası-2'nin kapsama alanında bulunan Gezgin Terminallere karşılıklı olarak data transferi gerçekleştirmektedir. Gezgin Terminaller üzerindeki ATM Trafik Üreteçlerinde elde edilen ses ve veri paketleri, radyo alıcı-verici yardımıyla hizmet alınan Erişim Noktasına gönderilir. Hareketlilik desteği de bulunan ATM Anahtar, radyo alıcı-vericisi vasıtasıyla bu Erişim Noktasından gönderilen ses ve veri paketlerini taşıyan ATM hücreleri olarak hedef Gezgin Terminale hizmet veren Erişim Noktasına iletir.

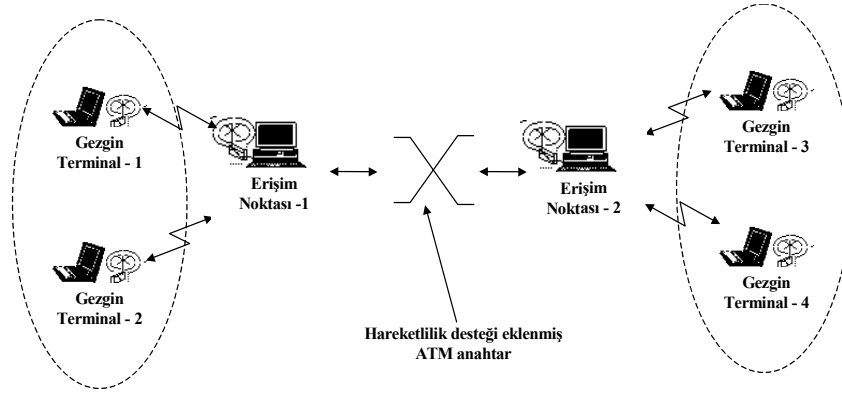
Gezgin Terminaller, ses trafiğini ATM Sabit Bit İletim Hızı (CBR, Constant Bit Rate) desteği için AAL1 bağlantılarına, veri trafiğini ise ATM Kullanılabilir Bit İletim Hızı (ABR, Available Bit Rate) desteği için AAL3/4 bağlantılarına çoklama işlemine tabii tutar.

4.1 Simülasyon Sonuçları

Bu alt bölümde, yukarıda açıklanan modelin değişik ses ve veri trafik yükleri altında elde edilen simülasyon sonuçları başarımların analizi sunulmaktadır. Kullanılan simülasyon parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

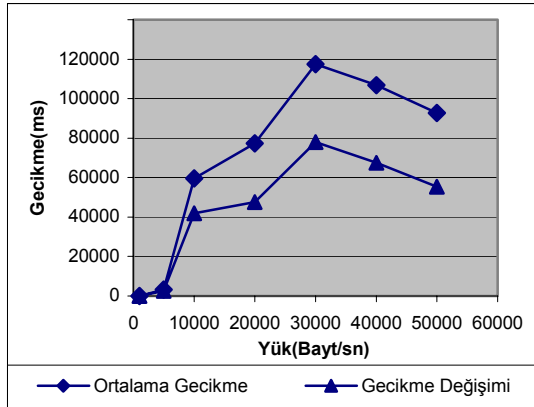
Tablo-1. Simülasyon parametreleri

ATM Trafik Üretici (Gezgin Terminal-1) (VERİ)	1.000-50.000* Bayt/sn
ATM Trafik Üretici (Gezgin Terminal-2) (SES)	1.000-50.000* Bayt/sn
ATM Trafik Üretici (Gezgin Terminal-3) (VERİ)	1.000-50.000* Bayt/sn
ATM Trafik Üretici (Gezgin Terminal-4) (SES)	1.000-50.000* Bayt/sn
ABR ATM Bağlantı Özellikleri	PCR** = 100 Kbps MCR*** = 40 Kbps ICR**** = 40 Kbps
CBR ATM Bağlantı Özellikleri	PCR = 100 Kbps
Gezgin Terminal-Erişim Noktası (Uplink) Bit İletim Hızı	50 Kbps
Erişim Noktası-Gezgin Terminal (Downlink) Bit İletim Hızı	100 Kbps
* Üstel Dağılım Fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir. ** Maksimum Hücre İletim Hızı. *** Minimum Hücre İletim Hızı. **** Başlangıç Hücre İletim Hızı.	



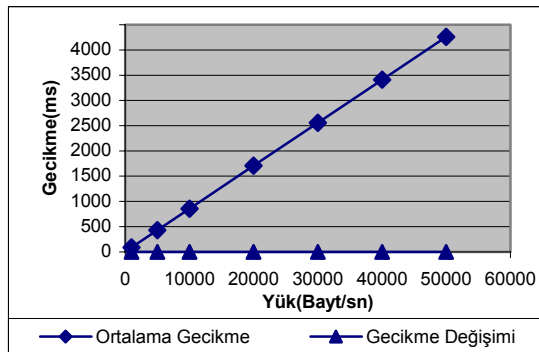
Şekil-4. Kablosuz ATM simülasyon uygulama modeli.

Ses ve veri trafiği 1.000 bayt/sn – 50.000 bayt/sn aralığında değiştirilerek Gezgin Terminal-1 ile Gezgin Terminal-3 ve Gezgin Terminal-2 ile Gezgin Terminal-4 arasında simülasyon süresince oluşan ortalama gecikme ve gecikme değişimi değerleri elde edilmiştir. Şekil 5 ve 6 sırasıyla veri ve ses trafiği için gecikme sonuçlarını yük değişkeninin fonksiyonu olarak sunmaktadır.



Şekil-5. Veri trafiği gecikme sonuçları (GT1-GT3).

Şekil-5’de görüldüğü gibi veri iletimi sırasında ortalama gecikme 120000 milisaniyeye kadar çıkmıştır (30000 bayt/sn de en yüksek değere ulaşmıştır). Gecikme değişimi ise en fazla 80000 milisaniye seviyesine ulaşmıştır. Grafikten de anlaşıldığı gibi veri iletimi için kullanılan ABR servisi için ortalama gecikme ve gecikme değişimi QoS parametrelerinin sağlanması gerekmektedir.



Şekil-6. Ses trafiği gecikme sonuçları (GT2-GT4).

Ses iletimi sırasında ortalama gecikme, yük miktarı arttıkça artmaktadır (Şekil 6). Ortalama gecikmenin en yüksek olduğu zaman yükün en fazla olduğu değere denk gelmektedir. Gecikme değişimi ise her yük değeri için 0 çıkmaktadır. Grafikten de anlaşıldığı gibi ses iletiminde kullanılan CBR servisi için gecikme değişimi (CDV) QoS parametresinin sağlanması gerekmektedir.

5. SONUÇ

Mevcut kablosuz sistemler yüksek veri hızını gerektiren çoklu ortam uygulamalarına hizmet verecek yeterlilikte değildirler. Kablosuz ATM gelecek nesil kişisel iletişim ağları için bir çözüm gibi ya da servis kalitesini garanti eden tümleşik veri iletimini sağlayacak B-ISDN ağlarının kablosuz uzantısı gibi düşünülebilir.

Veri transferi için kullanılacak ortamın sorunlu yapısı gereği kablosuz sistemlerin tasarlanması oldukça zordur. Ayrıca hedef ve kaynağın hareketli olması da sistem tasarımı sırasında ek bileşen ve fonksiyonların eklenmesini gerektirmektedir. Bu bildiride basit bir kablosuz ATM sistemi ile ses ve veri transferine ilişkin simülasyon yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre kablosuz ortamda ses ve veri transferi gerekli servis kalitesiyle birlikte gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A.S. Pandya, E.Şen, ATM Technology for Broadband Telecommunications Networks, CRC Press LLC, 1999.
- [2] The Magic WAND Deliverable 3D1, Wireless ATM MAC Overall Description
- [3] E. Ayanoglu, Wireless Broadband and ATM Systems, Computer Networks, 395–409, Elsevier Science B.V., 1999
- [4] T.S. Rappaport, Wireless Communications, Prentice Hall, 1996.
- [5] L.V. Gonzalez, S. Tsakiridou, L.Barbosa, L. Lamont, Performance Analysis of Wireless ATM/AAL2 Over a Burst Error Channel, Computer Communications, pp. 1-8, 23 March 2001