

KABLOSUZ AĞLARDA KAYNAK YÖNETİMİ

Aytül BOZKURT¹, Erdem UÇAR², Rafet AKDENİZ³

¹ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksekokulu End. Elektronik Bölümü 59860 Çorlu - Tekirdağ
e-mail: abozkurt@nku.edu.tr

² Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 22030 Edirne
e-mail: erdemu@trakya.edu.tr

³ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksekokulu Elt. ve Hab. Mühendisliği Bölümü 59860 Çorlu - Tekirdağ
e-mail: akdeniz@corlu.edu.tr

Alınış: 27 Nisan 2009

Kabul Ediliş: 29 Haziran 2009

Özet: Bu çalışmada, çokluservis kablosuz ağlarda, servis kalitesi sağlamak için etkili radyo kaynak yönetim tekniklerinden arama izin şemaları incelenmiştir. Yeni nesil kablosuz ağlar (3G, 4G) daha fazla sayıda kullanıcıyı ve multimedya servislerini destekleyecektir. Artan kullanıcı ve multimedya servisi ihtiyacı ile birlikte servis kalitesinden ödün vermeden kısıtlı kaynakları en verimli biçimde kullanabilmek için, etkili radyo kaynak yönetimine gereksinim duyulur, bu gereksinim için farklı arama izin şemaları ve bu şemaların değerlendirilmesinde Markov zinciri modeli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak Yönetimi, Arama İzin Denetimi, Markov Zincirleri.

Resources Management in Wireless Network

Abstract: In this study, for providing quality of service, call admission control schemes, one of the most important methods in efficient radio resource management techniques, have been reviewed. Next generation wireless Networks (3G, 4G) will be support more users and multimedia services. With increasing user number and multimedia service needs, for using limited resources in a efficient way, it is needed efficient radio resource management, different call admission schemes and evaluation of these schemes with Markov Chain model has been explained for this requirements.

Keywords: Management, Call Admission Control, Markov Chain.

GİRİŞ

Kablolu/kablosuz ağlar artan gereksinimlerle birlikte çokluservisi (multiservice) desteklemektedir. Ses, veri, video gibi farklı servislerin entegre edilebilmesi için etkili kaynak yönetim şemaları ile birlikte her bir servis sınıfına ait kullanıcılara servis kalitesinin (QoS, Quality-of-Service) garanti edilmesini gerektirmektedir [MANIATIS ve ark., 2002]. Kablosuz ağda; ses servisi için maksimum paket gecikmesi, veri servisleri için hatasız iletim (error-free transmission) garanti edilmeli, video servisleri için ise kesintisiz bir görüntü etkisi oluşturmak için maksimum gecikme süresi aşılmamalıdır. Kablosuz ağlardaki hareketlilik (mobility), eldeştirmeler (handoffs) ve sınırlı bantgenişliği gibi problemler QoS sağlama için önemli zorluklardır.

Servis kalitesi, üç farklı seviyede incelenir:

1. Paket seviyesi (Packet level): Paket seviyesinde, kullanıcılara, paket düşme olasılığı (dropping probability), maksimum paket gecikmesi ve maksimum gecikme farkı (jitter) gibi QoS parametreleri garanti edilmelidir. Tablo 1'de IMT-2000 Taşıyıcı servis gereklilikleri özetlenmiştir.

Tablo 1: IMT-2000 Taşıyıcı Servis Gereklilikleri.

Operasyon çevresi	Gerçek-zamanlı (Sabit gecikme)	
	Tepe bit oranı	BER/Mak.transfer gecikmesi
Kırsal alan (<250Km/saat)	En az 144 Kbps (tercihen 384Kbps)	Gecikme 20-300ms BER $10^{-3}/10^{-7}$
Şehir yakınları (<150Km/saat)	En az 384 Kbps (tercihen 512 Kbps)	Gecikme 20-300ms BER $10^{-3}/10^{-7}$
Kapalı alan (max.10Km/saat)	2Mbps	Gecikme 20-300ms BER $10^{-3}/10^{-7}$

2. Arama seviyesi (Call level): Arama seviyesinde, kullanıcılar hem yeni aramaların bloklanma olasılığı (new call blocking probability) hem de eldeğiştirme aramalarının bloklanma (düşürülme) olasılığının (handoff dropping probability) düşük değerlerde olmasını isterler. Eldeğiştirme aramaları, aramanın tam ortasında, kullanıcı bitişik hücreye doğru yer değiştirirken, kaynak yetersizliğinden ya da kaynakların yeterince etkin yönetilememesinden dolayı kesilebilir. Eldeğiştirme aramasının düşmesi, yeni bir aramanın bloklanmasından daha az istenen bir durumdur. Bu nedenle, yeni aramaların bloklanma olasılığının artması pahasına da olsa, eldeğiştirme arama düşme olasılığının azalması önemlidir.

3. Sınıf seviyesinde (Class level): Sınıf-tabanlı QoS, band genişliğinin çeşitli sınıflar tarafından nasıl paylaşıldığı/kullanıldığı ile ilgilidir. En genel band genişliği paylaşım teknikleri tamamen-paylaşım (CS, Complete Sharing) ve tamamen-bölüşümlü (CP, Complete Partitioning) ve Kısıtlı Erişim (RA, Restricted Access)'dir [Kramche ve Schwartz, 1984]. CS'de herhangi bir sınıf yeterli boş kapasite olduğu sürece bantgenişliğinin tamamını kullanabilir. CP'de ise, band genişliği gelen arama sınıfları arasında önceden bölünür. Kaynak yönetiminde kullanılan en etkin yöntemlerden biri Arama İzin Denetim şemalarıdır (CAC, Call Admission Control). CAC hem maksimum kullanımı (utility efficiency) hem de QoS'i sağlamak için çeşitli araştırmalar yapılmıştır [Dziong ve Mason, 1996], [Hyman ve ark.,1993], [Fang ve Zhang, 1997].

Şu an 3G hücresel sistemler çokluservis desteği ile 2 Mbit/s veri hızına ve daha iyi bantgenişliği kullanımı etkinliğine sahiptir. Diğer taraftan WLAN'ler daha düşük fiyatta daha yüksek veri iletim hızı sağlarlar. Örneğin bir WLAN standardı olan IEEE 802.11g lisans-muaf 2.4 GHz bandında maksimum 54 Mbit/s veri hızı sağlar. Buna karşın WLAN'lar yalnızca küçük bir alanı kapsarlar. Hücresel ve WLAN kablosuz ağlar, mobilite desteği, veri hızları ve kullanım maliyetleri ile birbirlerinin tamamlayıcıydılar. Bu tip farklı ağ sistemlerinin birlikte çalışması bir sonraki kuşak (4G) kablosuz ağlar için en etkili yol olarak gözükmektedir. CAC şemalarının 4G ile ortaya çıkan; ağlar arası eldeğiştirme aramaları, farklı QoS gerekliliklerini önceleme, paket-seviyesi değerlendirmeler v.b gibi yeni konuları da kaynak yönetiminde göz önüne almasına gereksinim vardır.

CAC YAKLAŞIMLARI

Kısıtlı ağ kaynakları QoS başarımı için en önemli problemdir. Kaynak yönetimi ile bağlı bir izin şeması, limitli bantgenişliğinde hem maksimum kullanımı sağlayacak hem de QoS gerekliliklerini karşılayacaktır. Literatürde, CAC oldukça geniş bir şekilde çalışılmış ve birçok CAC şeması önerilmiştir [Naghshine Schwartz, 1996], [Ma ve ark., 2000]. Panaotopolos kesirli koruyucu şemanın optimizasyonunu incelemiştir [Panotopoulos ve ark., 2000]. Cruz-Perez zamanla değişken trafik dağılımı altında handoff aramalara reserve edilen kanal sayısının değişkenliğine bağlı olarak yeni bir kesirli kanal rezervasyon şeması önerilmiştir [Perez-cruz, 1999]. Koruyucu kanal sayısı, kuyruk uzunluğu, kuyruk süresi zaman aşımı gibi farklı önceliklerle Markodalis yeni aramaları tampon bölgeye (buffer) alan kaynak yönetim şemasını önermiştir [Markoulidakis,2000].

Tek boyutlu Markov zinciri modelleri sistem performansını değerlendirmede kullanılmıştır [Ramjee, 1997], [Fang ve Zhang, 2002], [Guerin, 1999]. Farklı servis kullanıcılarının birbirinden bağımsız Poisson dağılımlı olarak sisteme geldikleri, kanal işgal sürelerinin (channel occupancy times) eşit ortalama değerlerle üssel dağılımlı olduğu ve eşit kanal kapasitelerine gereksinimleri olduğu hesaplamalardaki kolaylık için kabul edilmiştir. Fakat farklı öncelikleri (örneğin yeni ve eldeğiştirme) olan aramaların ortalama kanal işgal süreleri ve dağılımları farklı olabileceğinden yukarıdaki kabuller gerçekte uygun olmayabilir.

Ek olarak, farklı öncelikli aramaların ortalama işgal sürelerinin eşit ve aynı dağılımda olmaması tek boyutlu Markov zinciri modeline dayanan performans değerlendirmesiyle bulunan sonuçların hatalı olmasına yol açar [Yavuz, 2006].

Gerst, Lee ve Roberts (1983) tarafından servis oranları (rates) farklı olduğunda daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi için önerilen yaklaşıklığı modifiye ederek tekrarlamalı (iterative) bir algoritma önermişlerdir [Gerst ve Lee, 1990], [Roberts, 1983]. Fakat bu algoritmanın sonuçları yalnızca uygun ilk değerler seçildiğinde kesinlik taşımaktadır.

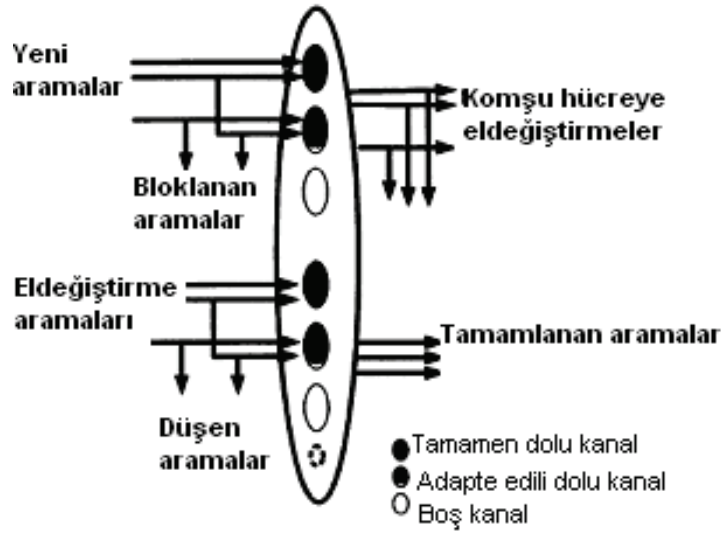
Çok boyutlu Markov zinciri modelleri yoluyla tam (exact, direct) analiz metodları CAC şemaları değerlendirmede tek kesin yol olarak gözükmür. Rappaport 'da farklı öncelikleri olan aramalar için bloklaya olasılığını çok boyutlu model ile hesaplamıştır [Rappaport, 1990]. Çok boyutlu Markov zinciri modelleri kesin ve tam sonuçlar elde etme olanağı verirken hesaplama maliyeti (computational cost) Markov zincirinin boyutu büyüdükçe artar. Bu durumda hem yüksek kesinlik ve değerlikli hem de daha düşük maliyetli çözümlere gereksinim duyulur.

Tüm yaklaşımlarda amaç, eldeğiştirme aramalarının bloklaya olasılığının düşürülmesine karşın yeni aramaların bloklaya olasılıklarının artışına optimum bir çözüm getirmektir.

CAC Denetim şemaları yeni ya da eldeğiştirme aramalarına sisteme giriş için izin verirken, kısıtlı kaynakları bu aramalara Kanal Tahsis ya da Kanal Rezervasyon yolu ile tahsis ederler.

KANAL TAHSİS ŞEMALARI

Yeni aramaların bloklaya olasılığı ve eldeğiştirme aramalarının düşürülme olasılığı kanal tahsis şemalarının etkinliğine ve gelen arama paternine bağlıdır. Şekil 1'de aramaların kanal işgal durum diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1: Kanal işgal durum diyagramı

En basit ve en çok kullanılan kanal tahsis şeması Sabit Kanal Tahsisi'dir (FCA, Fixed Channel Allocation). FCA'da, her bir hücreye (cell), aynı sayıda kanal tahsis edilir. Yeni ya da eldeğiştirme aramaları eğer boş kanal bulurlarsa kullanılır aksi halde reddedilirler (blocked or dropped). FCA şeması yalnızca tekdüze bir yük altında iyi bir performans gösterir [Katzela ve Naghshineh 1996]. Gerçekte, hücresel sistemlerdeki trafiğin tekdüze olması durumu çok azdır.

Trafik yük değişiklikleri altında bloklaya olasılığını düşürmek için kanalları dinamik olarak tahsis eden dinamik kanal tahsis şeması (DCA, Dynamic channel allocation) uygulanmıştır [Tekinay ve Jabbari, 1991]. DCA'da, kanallar ortak (merkezi) bir havuzda tutulur ve yeni gelen aramalar için, eğer minimum tekrar kullanma uzaklık kısıtını (reuse distance) ihlal etmiyorsa, kanal havuzdan seçilir. Boş olan kanallar, eğer birden fazlaysa, maliyet ölçüğü (cost criterion) en az olan kanal seçilir. Arama tamamlanınca kanal havuza iade edilir. DCA şemalarının tekdüze olmayan koşullarda iyi işlerliğine rağmen, ağır trafik (yük) koşullarında performansının yüksek olmadığı gözlemlenmiştir [Cox ve Reudink, 1971], [Cox ve Reudink, 1972]. Bu şartı iyileştirmek için hibrit kanal tahsis şeması (HCA, Hybrid Channel Allocation) hem DCA hem de FCA'nın avantajlarını kullanmak için önerilmiştir [Kahwa ve Georganas, 1978]. HCA mevcut kanalları, sabit ve eldeğiştirme aramalarına tahsis edilmek üzere ikiye ayırır ve HCA ikinci gruptaki aramalar için merkezi denetimi gerektirir.

KANAL REZERVASYON ŞEMALARI

Hücreli sistemlerde, süre giden bir aramanın kesilmesi (düşmesi), yeni bir arama isteğini reddetmekten daha az istenen bir durumdur. Eldeğiştirme aramalarının düşürülme olasılığını azaltmak, hücreli sistem tasarımında önemli bir hedefdir. Bunu sağlamanın yollarından biri eldeğiştirme aramalarına kaynak tahsisinde öncelik vermektir. Rezervasyon yoluyla öncelik elde edilen şemalardan en önemlileri; performans metriğini düzeltmek için geliştirilen Koruyucu Kanal Şeması (GC, Guard Channel) [Hong ve Rappaport,1986], [Kwon ve ark., 2003], ve eldeğiştirme aramalarının kuyruğa alındığı izin şemalarıdır (Queueing of handoff) [Gaasvik, 1991].

KORUYUCU KANAL YAKLAŞIMI

Eldeğiştirme aramalarına öncelik vermek için, Koruyucu Kanallar bu aramalar için özel olarak rezerve edilir. Toplam kanal sayısı C ve yeni aramalar için ayrılan kanal sayısı K ile gösterilir ise; Koruyucu Kanal sayısı $C-K$ olur, yani, yeni bir arama ancak K 'dan daha az kanal meşgulse kabul edilir. Bir eldeğiştirme araması ise boş kanal olduğu sürece her zaman kabul edilir. Bu kanal rezervasyon şemasına göre, K eşik değeri, sistem mümkün olduğunca yeni gelen aramaları kabul edebilirken, eldeğiştirme aramalarının düşürülme olasılığını da minimumda tutacak şekilde seçilmelidir.

Koruyucu Kanal yaklaşımının bir türü olan Kesirli Koruyucu Kanal şeması (FGC, Fractional Guard Channel) ise Ramjee tarafından incelenmiştir [Ramjee, 1997]. Gelen aramalar meşgul olan kanal sayısı göz önünde tutularak belli bir olasılık değeri ile kabul edilir. Kullanımda olan kanal sayısı arttıkça, yeni aramaları kabul etmek için gereken olasılıklar azalır. Bu ilke handoff aramaların bloklanma olasılığını düşük tutmaya yarar ve hücre içerisindeki trafik yoğunluğunu önler. Tablo 2'de bazı farklı yaklaşımlar için Denetim şemalarının ana ilkeleri özetlenmiştir.

Tablo 2: Farklı yaklaşımlar için Denetim şemaları

Yaklaşımlar	Ana prensip
Koruyucu Kanal	Bandgenişliğinin bir kısmı sadece eldeğiştirme aramaları için ayrılır.
Kesirli Koruyucu Kanal	Yeni aramalar ağı o anki durumu ile orantılı kabul edilir.
Ortak çalışma	Komşu hücrelerle ağ durumu bilgisi değiştirilerek kaynak rezervasyonu ilerisi için yapılır.
Hareketlilik-temelli	Mobil kullanıcıların pozisyon ve hareket yönü bilgisiyle rezervasyon yapılır.

ELDEĞİŞTİRME ARAMALARININ KUYRUĞA ALINMASI

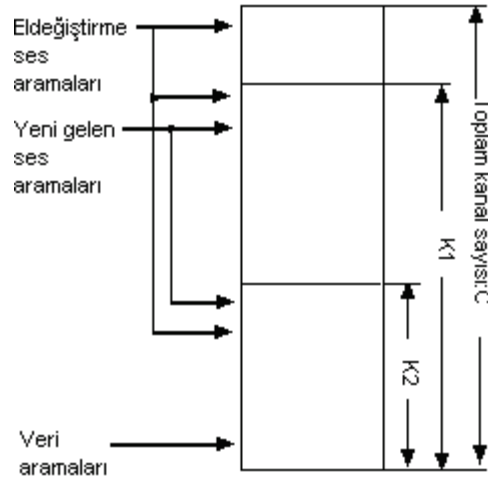
Kuyruk modelinin eklenmesi, karşılanamayan eldeğiştirme arama isteklerinin bekletilme yoludur. Eğer eldeğiştirme istekleri tekdüze ise kuyruğa gereksinim duyulmaz. Trafik düşük olduğunda kuyruk etkilidir. Kuyruğa alınan isteklere kaynaklar uygun olur olmaz yanıt verilir kaynak tahsis edilir.

MARKOV ZİNCİRİ MODELİNİN CAC'DA KULLANIMI

CS paylaşımı üzerine kurulu CAC şemasında Markov zinciri modelinde ses/veri için çift eşik kullanılabilir [Li ve ark., 2004]. Çift Eşikli Rezervasyon Şeması (DTR, Dual Threshold Reservation) birçok çalışmada incelenmiştir. Maksimum bandgenişliği kullanımı (maximum channel efficiency) sağlayan CS paylaşımı üzerine kurulu DTR şemasında kullanılan eşiklerden biri eldeğiştirme ses aramalarını diğeri de veri trafiğini yönetmek içindir.

Şekil 2'den görüldüğü gibi, DTR'de, toplam hücre kapasitesi C , K_1 ve K_2 eşikleri ile üç bölgeye ayrılmıştır.

Meşgul kanal sayısı K_2 'den daha azsa hem ses hem veri aramaları sisteme kabul edilir. Kullanımda olan kanal sayısı K_2 eşiklerinin üstündeyse sisteme artık veri aramaları kabul edilmez. Eğer bu sayı K_1 'den fazla ise yalnızca eldeğiştirme aramalarına izin verilir. Bir eldeğiştirme ses araması ise ancak hiçbir uygun kanal olmadığına reddedilir. Bu denetim yaklaşımı altında, eldeğiştirme ses aramaları en yüksek önceliği almış olur. Veri aramalarının en düşük önceliği almasının nedeni ise sesin servis kalitesinde bir düşmeyi tolere edememesine rağmen verinin belli oranına kadar bunu tolere edebilmesidir. DTR kaynak paylaşımının çeşitli türleri handoff isteklerinin karşılanamadığı durumlarda örneğin bu aramaları kuyruğa almak şeklinde geliştirilmiştir [Wu ve ark., 2002].



Şekil 2: CS paylaşımlı DTR Denetim şeması

CP paylaşımı üzerine kurulu CAC şemasında bölümlenme (partition) sınırı sistemdeki trafik değişikliklerine göre hareket edebilir (movable boundary) [Gong, 2005].

Hareket edebilir rezervasyon şema sisteminde:

C : Ses için ayrılan kanal sayısı,

D : Veri trafiği için ayrılan kanal sayısı,

M : Yeni gelen ses aramalarının kullanabileceği maksimum kanal sayısı,

Q : Kuyruk uzunluğu,

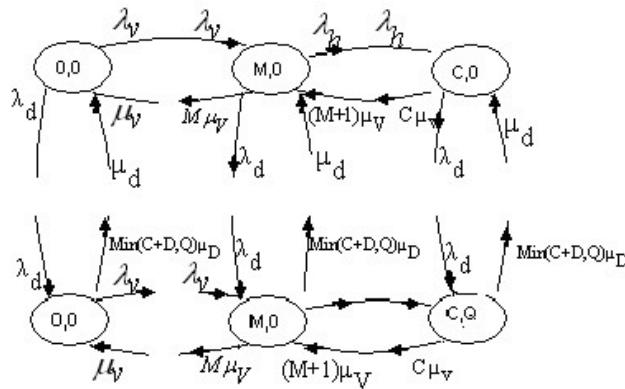
$\lambda_v(\lambda_h)$: Yeni (eldeğiştirme) ses aramalarının ortalama gelme oranı

λ_d : Veri aramalarının ortalama gelme oranı

$\mu_n(\mu_h)$: yeni (eldeğiştirme) ses aramalarının ortalama servis oranı

μ_d : veri aramalarının ortalama servis oranıdır.

Üç boyutlu Markov zinciri ile modelinde, (i,j,k) Markov zincirinin kararlı-durumdur; burada herhangi bir durum (state) kararlı halde i adet yeni ses araması, j adet eldeğiştirme ses araması ve k adet veri aramasını temsil eder. Markov zincirinin geçiş diyagramı (transition diagram) Şekil 3'de gösterilmiştir. $p(i, j, k; l, m, n)$, (i, j, k) durumundan (l, m, n) durumuna geçiş oranı (probability transition rate) olasılığıdır.



Şekil 3: CP için durum geçiş diyagramı (State-transition diagram)

Şekil 3'den geçiş oranı olasılıkları aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\begin{aligned}
 p(i, j, k; i-1, j, k) &= i\mu_v & (0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q) \\
 p(i, j, k; i, j-1, k) &= j\mu_h & (0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q) \\
 p(i, j, k; i, j, k-1) &= \min\{k, D+C-i-j\}\mu_d & (0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q) \\
 p(i, j, k; i+1, j, k) &= \lambda_v & (0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q) \\
 p(i, j, k; i, j+1, k) &= \lambda_h & (0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q) \\
 p(i, j, k; i, j, k+1) &= \lambda_d & (0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Sayısal çözümlerle $p(i, j, k)$ kararlı-durum olasılığı (steady-state probability) elde edildikten sonra, yeni aramaları bloklama olasılığı P_b ve eldeğiştirme aramalarını düşürme olasılığı P_d aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_b = \sum_{0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q} p(i, j, k) \tag{2}$$

$$P_d = \sum_{0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j=C, 0 \leq k \leq Q} p(i, j, k) \tag{3}$$

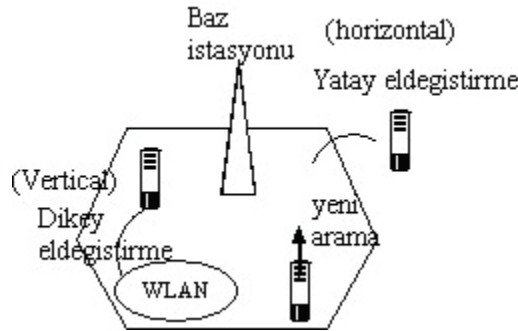
Veriye ilişkin performans ölçütlerinden paket kayıp olasılığı P_{loss} ve kuyruktaki ortalama veri paketi L de aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_{loss} = \sum_{0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j=C, k=Q} p(i, j, k) \tag{4}$$

$$L = \sum_{0 \leq i \leq M, 0 \leq i+j \leq C, 0 \leq k \leq Q} k \times p(i, j, k) \tag{5}$$

4G KABLOSUZ AĞLARDA CAC

Multimedya uygulamalarının farklı QoS gereklilikleri ve belli bir coğrafi alanda farklı kablosuz erişim teknolojilerinin hazır bulunması, 4G (Fourth Generation) kablosuz ağlar için etkili CAC algoritmalarının tasarımı gerektirmektedir.



Şekil 4: 4G'de basit CAC sistem modeli

Kesintisiz bağlantı (seamless connection) ve küresel hareketlilik gerekliliklerinden dolayı belirli bir ağdaki arama diğer bir ağa kullanıcı hissetmeden (transparent) eldeğiştirmelidir. Bu duruma dikey eldeğiştirme (vertical handoff) denir. Klasik sinyal-gücü ölçümüne dayalı handoff başlatımı (handoff initiation) yeterli olmayabilir ve trafik durumu v.b. parametreler de göz önüne alınmalıdır. Örneğin, gerçek-zamanlı olmayan uygulamalarda, hücresel ağlardaki trafik sıkışıklığı (congestion) ile mücadele için WLAN'e eldeğiştirebilir. CAC noktasından incelendiğinde, dikey eldeğiştirme yeni bir eldeğiştirme tipine yol açar ve bir CAC algoritması bu tip aramaları da yeni aramalardan daha önde tutmalıdır. Yeni beliren performans ölçütü dikey eldeğiştirme arama düşürülme olasılığı (vertical handoff

call dropping probability) kabul edilebilir bir eşğin altında tutulmalıdır. Aynı şekilde arama düşürülme ve kuyruk modeli de belirlenmelidir. Şekil 4’de, 4G’de CAC tasarımı için basit bir sistem modeli gösterilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, kablosuz ağların kaynak yönetiminde kullanılan CAC şemaları; kanal tahsis ve kanal rezervasyon şemaları ayrı ayrı incelenerek servis kalitesi gereklilikleri açıklanmıştır. CAC şemaları tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bandgenişliğinin etkin kullanımı ve QoS gibi konular hala araştırılmaktadır. Dikey eldeğiştirme aramalarının düşürülmesi yeni nesil CAC şemalarının tasarım gereksinimleri için yeni ortaya çıkan performans ölçütlerindedir. QoS ve etkin kaynak paylaşımı değerlendirmelerinde Markov zincir modelinin kullanımı incelenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] MANIATIS S.I., NIKOLOUZOU E.G., VENIERIS I.S., QoS issues in the converged 3G wireless and wired networks., IEEE Communications Magazine, 40:44-53, 2002.
- [2] KRAIMCHE B., SCHWARTZ M., Circuit access control strategies in integrated digital Networks, IEEE INFOCOM’84, 230-235, 1984.
- [3] DZIONG Z., MASON L., Fair-efficient call admission control policies for broadband networks-a game theoretic framework., IEEE/ACM Transactions on Networking, 4:123-136, 1996.
- [4] HYMAN J.M., LAZAR A.L., PACIFICI G., A separation principle between scheduling and admission control for broadband swiching., IEEE Selected Areas in Communications, 11:605-616, 1993.
- [5] FANG Y., ZHANG Y., Call admission control shemes and performans analysis in wireless mobile networks., Wireless Networks, 3:29-41, 1997
- [6]NAGHSHINEH M., SCHWARTZ S., Distributed call admission control in mobile/wireless networks., IEEE Selected Areas in Communications, 14:711-717, 1996.
- [7] MA Y., HAN J.J., TRIVEDI K.S., Call admission control for reducing dropped calls in CDMA cellular systems., Computer Communications, Vol.25, issue:7, 2000.
- [8] PANOTOPOULOS I., KOTSOPOLULOS S., IOANNOU C., LOUVROS S., Priority technique for optimizing handover procedure in personel communication systems., Electronics Letters, 36:669-670, March 2000.
- [9]PEREZ-CRUZ F.A., LARA-RODRIGEZ D., LARA M., Fractional channel reservation in mobile communication systems., Electronics Letters, 35: issue:23:2000-2002. Nov.1999.
- [10] MARKOULİDAKIS J.G., DERMITZAKIS J.E., LYBEROPOULOS G.L., THEOLOGOUSS M.E., Optimal system capacity in handover prioritized schemes in cellular mobile telecommunication systems., Computer Communications, Vol:23, issue:5-6, 462-475, 2000.
- [11] RAMJEE R., NAGARAJAN R., TOWSLEY D., On optimal call admission control in cellular networks., Wireless Networks, 3:No.1:29-41, March 1997.
- [12] FANG Y., ZHANG Y., Call admission control schemes and performance analysis in wireless mobile networks., IEEE Transactions on Vehicular Technology, 51:no.2: 371-382, March 2002.
- [13] GUERIN R.A., Queuing-blocking system with two arrival streams and guard channels., IEEE Transactions on Communications, 47:no.1:89-102, January 1999.
- [14] YAVUZ E.A., LEUNG V.C.M., Computationally efficient method to evaluate the performance of guard-channel-based call admission control in cellular networks., IEEE Transactions on Vehicular Technology, 55:no.4:1412-1424, July 2006.
- [15] ROBERTS J.W., Teletraffic models for the Telecom 1 integrated services network., Proceedings of the 10th International Teletraffic Conference, Montreal 1983.
- [16] GERSHT A., LEE K.J., A bandwidth management strategy in ATM networks. Technical report, GTE Laboratories, 1990.
- [17] RAPPAPORT S.S., The multiple call handoff problem in personel communications networks., IEEE 40th Vehicular Technology Conference, 287-294, May 1990.
- [18] KATZELA I.,NAGHSHINEH M., Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: A comprehensive survey., IEEE Personal Communications Magazine, 10-31, June 1996.
- [19] TEKINAY S., JABBARI B., Handover and channel assignment in mobile cellular networks., IEEE Communications Magazine, 29(11):42-46, November 1991.
- [20] KALYANASUNDARAM S., Call-level and Class-level QoS in Multiservice Networks., Purdue University, April 2000. (PhD Thesis)

- [21] KAHWA T.J., GEORGANAS N., A hybrid channel assignment scheme for cellular structured mobile communication systems., IEEE Transactions on Communications, 26:432-438, 1978.
- [22] HONG D., RAPPAPORT S.S., Traffic model and performance analysis for cellular mobile radiotelephone systems with prioritized and non-prioritized handoff procedures., IEEE Transactions on Vehicular Technology, 35:77-92, August 1986.
- [23] KWON T., CHOI Y. BISDIKIAN C., NAGHSHINEH M., Measurement-based call admission control for adaptive multimedia in wireless/mobile networks using an adaptive framework., Kluwer Wireless Networks, 9:no.1:51-59, 2003.
- [24] GAASVIK P.O., CORNEFJORD M., SVENSSON V., Different methods of giving priority to handoff traffic in a mobile telephone system with directed retry., IEEE Vehicular Technology Conference, 549-553, 1991.
- [25] LI B., LI L., LI B.SIVALINGAM K.M., CAO X.R., Call admission control for Voice/Data Integrated Cellular Networks:Performance Analysis and Comparative Study., IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 22:No.4:706-719, May 2004.
- [26] WU H.L., LI L.Z., LI B., YIN L., CHLAMTAC I., LI B., On handoff performance for an voice/data integrated cellular system., IEEE PIMRC'02. 2180-2184, Sept.2002.
- [27] GONG W., Performance Analysis of call Admission Control Scheme for Voice/Data Integration on Mobile Communication System., Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2005. Proceedings. 2005 International Conference on, Volume 2, Page(s):956 – 959, 23-26 Sept. 2005.