

Yeni Nesil Kablosuz Heterojen Ağlar ve

QoS Yönlendirme Algoritmaları

Şafak Durukan-Odabaşı, A. Halim Zaim

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul
sdurukan@istanbul.edu.tr, ahzaim@istanbul.edu.tr

Özet: Yeni nesil kablosuz ağ servisleri mobil kullanıcılara yer ve zaman kısıtlaması olmayan iletişimi, kullanıcıların konumları ne olursa olsun bilgiye erişimi sağlamak için tasarlanmıştır. İletişim teknolojilerindeki büyük gelişmelerle birlikte, IEEE 802.11a/b kablosuz LAN, Bluetooth, IMT 2000, sabit kablosuz erişim (FWA) gibi Kablosuz Kişisel İletişim Sistemleri tüm dünyada hızla yayılmakta; mobil kullanıcılar her an ve her yerden birbirleriyle iletişim kurmayı ve internete ulaşmayı istemektedirler. Mevcut bu sistemler, mobilite, data seviyeleri, servis tipleri gibi farklı ihtiyaçları karşılamak için birbirlerinden bağımsız olarak dizayn edilmiş ve uygulanmıştır. Bu sistemlerden bir kısmı da, belirli bir coğrafik konumda, servisleri eş zamanlı olarak çalıştırıp belli bir servis alanındaki kullanıcılar için heterojen kablosuz, bir ortam sağlamışlardır. Gelecekte kablosuz, heterojen sistemlerin kusursuz, entegresi; satıcılar, servis/uygulama/içerik sağlayıcıları, kural yapıcılar ve kullanıcıları içeren kablosuz endüstri dünyasında bir devrime yol açabilecektir. Bu çalışmada kablosuz heterojen ağlarda QoS Routing algoritmalarının çalışma mekanizmaları ve performansları incelenmiştir. Kural tabanlı bir metodoloji olan QRA (Quality of Service Aware Routing Algorithm) üzerinde durulmuş ve bu algoritmanın sistem üzerindeki performansa etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeni Nesil Kablosuz Ağlar, Kablosuz Heterojen Ağlar, QoS, Routing.

Next Generation Wireless Heterogeneous Networks and QoS Routing Algorithms

Abstract: Next generation wireless network services are designed for mobile users to provide access to information without time and place limitation. With the great progress at the communication technologies, Wireless Personal Communication Systems (WPCS) such as IEEE 802.11a/b wireless LAN, Bluetooth, IMT-2000, fixed wireless access (FWA) are now widespread all over the world, mobile users want to communicate each other in every time and from every where and connect to internet. These ubiquitous systems are independently designed and implemented to meet different requirements on mobility, data rate, service type. Some of these systems may simultaneously provide services at a specific geographic location and thus a heterogeneous wireless environment is provided for users in a specific service area. In the future, Seamless integration of heterogeneous wireless systems will bring a revolution to wireless industrial world involving vendors, service/ application/ context providers, policy makers, and users. In this study QoS Routing algorithms' working mechanisms and their performance are investigated. QRA (Quality of Service Aware Routing Algorithm) which is a policy based methodology is emphasized and it's system performance is analyzed.

Key Words: Next Generation Wireless Networks, Wireless Heterogeneous Networks, QoS, Routing.

1. Giriş

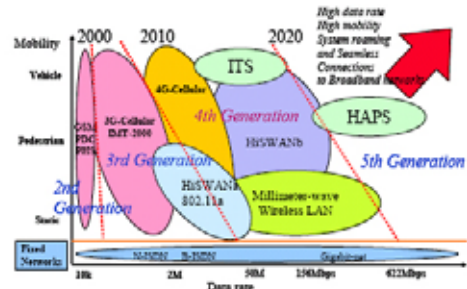
Geleneksel hücreli ağ mimarisine dayalı 3G ve 4G ötesinde planlama uygulaması son derece ilgi çekicidir. Bu yüzden bir arada bulunan heterojen kablosuz ağların işbirliğine dayalı merkezi kontrollü bir eşler arası ağ mimarisi sunulmuştur. Savunulan mimaride mobil terminal, daha sonra yönlendirilecek ya da kısa alanlı link üzerinden her bir diğerinin yakınlığı içerisinde mobil araçlar aracılığıyla paylaşılacak veriyi hücreli kabul edebilir. Son yıllarda, gelecek kablosuz ve mobil iletişimle ilgili araştırmalarda 3G ve 4G ötesi terimleri sıkça kullanılmaktadır. Yeni nesil iletişim ağlarının, zengin içerikli servisleri iyi bir QoS ile sağlaması beklenmektedir. Hiç şüphe yoktur ki B3G/4G'de daha karışık terminaller gerekmektedir. Birçok heterojen kablosuz ağ farklı kapsama alanı, veri oranı, mobilite kabiliyeti ve buna benzer özelliklere sahip olarak bir arada bulunmaktadır. Genel olarak, geniş erişimli kablosuz ağlar daha geniş kapsama alanına ve daha iyi mobilite desteğine ancak daha düşük data oranına sahiptir ve mobil terminaller üzerinde daha yüksek güç tüketimini gerektirir. B3G/4G'nin beklenen tüm özelliklere sahip yeni bir hava-arayüzü olduğunu düşünelim. Bu hava-arayüzü, akıllı anten ya da MIMO, modülasyon ve kodlama şeması ve diğerleri gibi gelişmiş teknolojileri kullanarak uygulanabilir mi? Cevap çok zor ya da imkansızdır. B3G/4G'deki terminallere bakalım. Tüm bu gelişmiş teknolojileri ve belirli servisleri destekleyebilmek daha karışık hale gelecektir. Terminallerin güç isteği, yılda %10 olan pil kapasite büyümesinden daha hızlı artmaktadır. Bu yüzden B3G/4G'nin başarısı için güç tasarrufu önemlidir. Bir yanda hücreli ve göçebe heterojen ağlar birlikte çalışabilir iken diğer bir yandan da bir küme oluşturan terminaller birlikte çalışabilmelidir.

2.Heterojen Kablosuz Ağlar

İletişim teknolojilerindeki büyük gelişmelerle birlikte, mobil kullanıcılar her an ve her yerden birbirleriyle iletişim kurmayı ve internete ulaş-

mayı isterler[1]. Kablosuz ağ servislerinden yer ve zaman kısıtlaması olmayan iletişim ve kullanıcı konumlarına bağlı kalmaksızın bilgi erişimi olanaklarını sağlamaları beklenir [2].

İkinci jenerasyon mobil iletişim sistemlerinin ortaya çıkmasıyla, IEEE 802.11a/b kablosuz LAN, Bluetooth, IMT 2000, sabit kablosuz erişim ve daha bir çok kablosuz iletişim sistemi haberleşmeyi daha uygun hale getirmişlerdir. Mevcut bu sistemler, mobilite, data seviyeleri, servis tipleri gibi farklı ihtiyaçları karşılamak için ayrı dizayn edilmiş, uygulanmış ve çalışmıştır [3].Bu sistemlerden bir kısmı, belirli bir coğrafik konumda, servisleri eş zamanlı sağlayabilir; böylece belli bir servis alanındaki kullanıcılar için heterojen kablosuz bir ortam sağlanmış olur. Yeni nesil kablosuz ağlardaki avantajlardan biri kablosuz iletişimin mükemmel olmasıdır [3].



Şekil 1. Kablosuz Ağ Nesilleri

İkinci ve üçüncü nesil ağların tanımı açıktır. Fakat dördüncü nesil kablosuz ağlar, yeni nesil hücreli ağların yanı sıra ITS, HiSWAN, yüksek hızlı kablosuz LAN, HAPS gibi diğer yeni geniş bantlı kablosuz erişim sistemlerini de içermesi gerektiğinden heterojen olmak zorundadır. Her kablosuz ağ operatörü, farklı özellikleri bulunduğundan, tek bir ağ kullanıcısının bütün ihtiyaçlarını karşılamayacaktır. WPCS'lerin daha karmaşık ihtiyaçlarını karşılayabilmek için, iki farklı ağı avantajlarıyla beraber bünyesinde barındıran yeni bir sistem tasarlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Heterojen kablosuz ağlar (Heterogeneous Wireless Net-

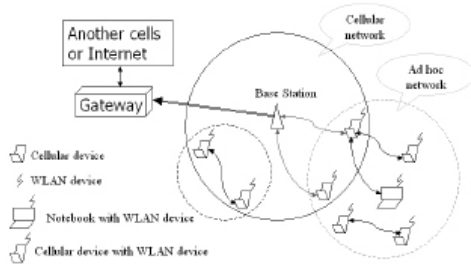
works - HWNs) yüksek ölçekli servis alanlı hücresele ağlar ile yüksek seviye data iletimi sağlayan ad-hoc ağlardan oluşur. Entegrasyon sırasında bazı zorluklar olabilir[2]. Protokollerin ve uygulamaların tam uyumluluğu gerekir. Entegre ağda farklı ağlar üzerinden giden çok sayıda bağlantı olmalıdır. Kullanıcı konum yönetimi gerçekleşmelidir. Çoklu ortam uygulamalarını iyi bir şekilde yaymak için, servis kalitesine sahip bir iletim sağlayabilmelidir. Uygun QoS ihtiyaç duyulan gecikme ve bandwidth değerlerini garanti etmelidir.

Ağla beraber İçinde	Aynı kablosuz erişim teknolojisi	Farklı kablosuz erişim teknolojisi
Aynı yönetsel alan (sirket)	Homojen	Heterojen (limitli servisler kolay uygulama)
Farklı yönetsel alanlar (sirketler)	Heterojen (limitli servisler karmaşık uygulama)	Heterojen (genel servisler en karmaşık uygulama)

Tablo 1. Heterojen Ağların Genel Tanımı

2.1. Hwn Mimarîsi

Heterojen Kablosuz Ağlar hücresele ve ad-hoc ağın özelliklerini birleştirir (Şekil 2).

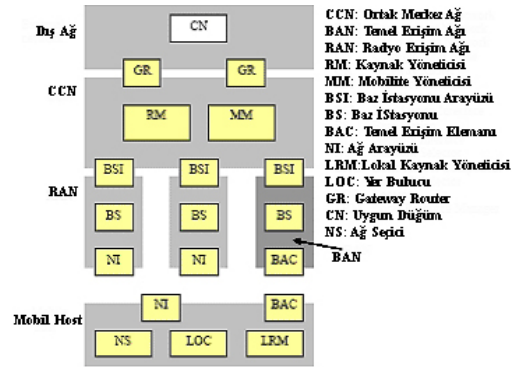


Şekil 2. Hwn Topolojisi

Burada her düğümün ad-hoc ve hücresele ara yüz ile donatıldığı varsayılmıştır. Hwn'lerin temel yapısı, mobil istasyonların diğerleriyle direkt olarak ya da hücresele ağa ulaşmak için diğer mobil istasyonlar üzerinden çoklu sıçramalar yoluyla iletişim kurmasına dayanır. Hücresele ağların getirdiği faydaları korur ve bunu ad-hoc ağların uyarlanabilirliğiyle birleştirir.

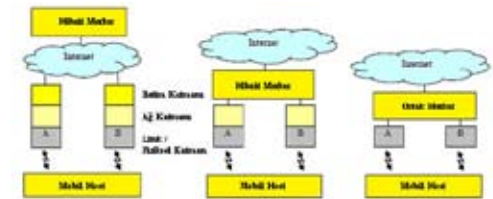
Bu nedenle [2]; Hwn'ler, ad-hoc ağlardaki düğümlerin daha uzaktaki düğümlerle hücresele ağlar üzerinden, hücresele ağlardaki düğümlerin de komşu düğümlerle ad-hoc ağların yol göstericiliğiyle yüksek hızlarla iletişime geçebilmesini altyapı olmaksızın gerçekleştirir. Hücresele ağ inşasının altyapısını ve ad-hoc ağın hızlı bir şekilde yeniden yapılanma özelliğini bir araya getirmiş olur. Ayrıca aynı hücre içerisinde baz istasyonları ya da çoklu bağlantılar olmadan iletişime izin verir. Bu sayede paketler yüksek hızlarda iletebilirler. Baz istasyonları kablosuz sıçrama sayısını azaltmaya yardım edebildiklerinden, yollar duyarlı ve daha karardır.

Hwn'lerde, paketler ilk baz istasyonlarına gönderilebilir, çoklu-sıçramalı yollardan geçer, hedefin yerleştiği baz istasyonuna yönlendirilir ve yine çoklu-sıçramaları yollardan geçer. Bu yöntemle dayanarak, tüm bağlantı tipleri Hwn'ler tarafından desteklenir.



Şekil 3. Heterojen Wireless Ağ Mimarîsi

2.2. Heterojen Ağ Modelleri



1. Tünelenmiş Ağ 2. Hibrit Ağ 3. Heterojen Ağ

Şekil 4: Heterojen Ağ Mimari Modelleri

Farklı çoklu radyo erişim ağlarını (RANs) kullanan birçok mimari vardır [3]. Şekil 4'teki A ve B ağları iki radyo erişim ağıdır. Bu modeller arasındaki ana farklılık RAN'ın üzerinde iletişim kurduğu katmandır.

- **Tünellenmiş Ağ:** Bu modelde kullanıcı ile birçok RAN operatörü arasında bağımsız bir servis anlaşması vardır. Bazı kurallara dayanarak, arzu edilen servis için en uygun ağ seçilir.
- **Hibrit Ağ:** Bu modelde RAN'lar ve internet arasında arayüz görevini gören bir hibrit merkez vardır.
- **Heterojen Ağ:** Bu modelde, tek bir ağ gibi çalışan ve tüm ağın işlevselliği ile bağlantıda olan ortak bir merkez ağ vardır.

2.3. Heterojen Kablosuz Ağların Gelişimi

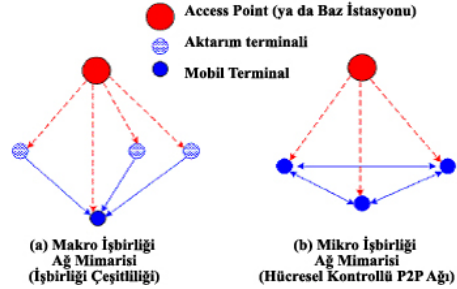
Birçok heterojen kablosuz ağ farklı kapsama alanı, veri oranı, mobilite kabiliyeti ve buna benzer özelliklere sahiptir. Genel olarak, geniş erişimli kablosuz ağlar daha geniş kapsama alanına ve daha iyi mobilite desteğine ancak daha düşük data oranına sahiptir ve mobil terminaller üzerinde daha yüksek güç tüketimini gerektirir. Kapsama ve veri oranı arasındaki değiş tokuş, radyo sinyallerinin zayıflaması ile uzaklığı arasındaki ilişkiye bağlıdır.



Şekil 5. Gelecek Heterojen Kablosuz Ağların Gelişimsel Süreçleri

Planlanan birlikte çalışabilir ağ mimarisi, sonradan yönlendirilecek ya da kısa alanlı link üzerinden her bir diğerinin yakınlığı içerisinde

mobil araçlar aracılığıyla paylaşılacak verinin hücresele kabulüne dayalıdır. Böylesine bir birlikte çalışabilen ağı gerçekleştirmek bir arada bulunan tüm heterojen kablosuz ağların birlikte çalışabilecek şekilde tasarlanması gerektirir.



Şekil 6. İşbirlikçi Ağ Mimarileri

3. Servis Kalitesi - Quality of Service-QoS

İnternetin yaygın kullanımında ve önemindeki artışın bir sonucu olarak, yeni nesil IP ağlardan sadece internet trafiğini değil aynı zamanda diğer arzu edilen servisleri de taşımaya beklenmektedir [4]. Buna rağmen, çoklu tahsis edilmiş ağların, tek bir ağın azaltılmış işlevsel maliyetinden gerçekten yararlanan bir operatörün yeni nesil ağlarının (Next Generation Networks), servis kalitesini sağladığından emin olması gerekir. QoS, tanımlanmış bir terim olmakla beraber iki ana kriterinin düşük gecikme değerlerine ihtiyaç duyulması ve düşük gecikme varyasyonu olduğu söylenebilir. QoS, bir ağın seçilen ağ trafiğine Frame Relay, ATM, Ethernet ve 802.11 ağlarını içeren çeşitli teknolojiler üzerinden en iyi hizmeti sağlayabilme kapasitesini ifade eder. Temel hedefi, tahsis edilmiş bandwidth, kontrollü jitter ve gecikme ile iyileştirilmiş kayıp karakteristiklerini içeren önceliği sağlamaktır [5]. Burada önemli olan şey bir ya da daha fazla trafik akışına öncelik verirken diğer akışları engellememektir. Yüksek hızlı bir NGN, kabul edilebilir seviyedeki bir QoS'ı sağlamak için şu anahtar özelliklere sahiptir:

- Link kopmasından kaynaklanan herhangi bir kesinti kullanıcı tarafından ihmal edilebilecek kadar kısa olmalıdır.

- Ağdaki aşırı yüklenmeden kaynaklanan kalite bozulmalarından olabildiğince kaçınılmalıdır.

Bir ağda QoS'i sağlayabilmek için, bandwidth, gecikme süresi, jitter, paket kaybı ve paket gecikmesi gibi birçok parametre ele alınır. Bir uygulama eğer tüm parametreler aynı öneme sahipse değerlendirilmeye alınmaz [6]. Yeni nesil kablosuz uygulamalar, QoS ihtiyaçlarına göre 5'e ayrılır (Tablo 2)[7].

Uygulama Sınıfları	Karakteristikler / Örnekler	QoS Ölçütleri
Gerçek Zamanlı	Sınırlı EndToEnd gecikme ve jitter'a ihtiyaç duyar. VoIP ve IP üzerinden Canlı video, video oyunları, PUsH-to-talk, tek yönlü ses ve video iletim uygulamaları gibi	End2End gecikme Gecikme varyasyonu (jitter) Paket kayıp seviyesi
Gerçek Zamanlı Olmayan	Yüksek bandwidth'e ihtiyaç duyar. End2End gecikmeye daha az duyarlıdır ve jitter'a duyarlıdır. FTP, E-mail, WWW gibi.	Yük
İşlem Tabanlı	Yüksek güvenilirli kanallara ve daha düşük cevap verme zamanına ihtiyaç duyar. Çok bandwidth tüketmez. Tüm M-ticaret tabanlı uygulamalar.	Cevap zamanı Güvenlik Bozulma seviyesi
Mesaj Tabanlı	Başarılı teslim etmeye ve zaman zaman bu işlemin sınırlı bir sürede yapılmasına ihtiyaç duyar. Çok bandwidth tüketmez. MMS, haberlerin, hava, spor ve finansal bilgilerin güncellenmesi, anlık mesajlar.	Teslim başarı seviyesi Teslim zamanı
Konum Tabanlı	Bilgi transferi kullanıcının konumuna bağlıdır. Konum tabanlı tüm uygulamalar.	Konum Doğruluğu Cevap zamanı

Tablo 2. Uygulamalar ve QoS ölçütlerinin Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmanın amacı End2End QoS metriklerini tanımlamak ve tanımlama işlemini basitleştirerek yeni uygulamalar için QoS ölçütlerini tanımlamaktır.

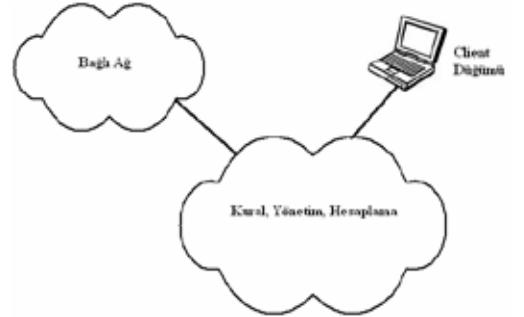
Yük			Cevap Verme Zamanı	
Gecikme	Paket Kaybı	Bandwidth	Gecikme	Paket Kaybı
Gerçek Olmayan Zamanlı Uygulamalar (WWW, FTP)			İşlem Tabanlı Uygulamalar (M-Ticaret)	

Tablo 3. Anahtar QoS Ölçütlerinden Örnekler

3.1. Temel QoS Mimarisi

QoS uygulaması için temel mimari 3 ana parçadan oluşmaktadır [5]:

- Ağ elemanları arasında uçtan uca QoS düzenlemesi için QoS tanımlama ve işaretleme teknikleri.
- Tek bir ağ elemanı içindeki QoS.
- Bir ağ boyunca end-to-end trafiği kontrol etmek ve yönetmek için QoS kural, yönetim ve hesaplama fonksiyonları.



Şekil 7. Üç Ana Bileşenli Temel QoS Uygulaması 3.2. QoS Modelleri

Bir ağda QoS'i sağlamak için kullanılacak birçok QoS mekanizması vardır. Bunlar [6]:

- En iyi güç algoritmaları ile sağlam bir servis sağlayabilirler.
- En az yerleştirmeye, kaynağa gerekli olan bandwidth'i maksimize edebilirler.
- Buffer dolduğunda routerlarda çakışma olursa ya da buffer işgali çok artarsa paketleri düşürebilirler.
- Çıkış bufferlarını N kuyruğa bölebilir ve bir zamanlayıcı yapabilirler.
- Farklı katmanlardaki IP akışlarını sınıflandırabilirler:

- Her bir kuyruğa ağırlık tahsis edebilirler. QoS terimi kullanıcı perspektifinden belirli bir servis kalitesine erişmek için gerekli bağlantı parametrelerine kadar birçok anlama birlikte kullanılır. Şekil 8’de örnek QoS modeli gösterilmektedir.

4. HWN’lerde QoS Haberli Routing Algoritması (QRA)

Şekil 9’da, gelişmekte olan bir HWN sistemde her bireysel düğüm için ara yüzler içeren iki hücrenin fiziksel karakterleri gösterilmektedir. Bu iki air interface düğümler arasında iletişim için kullanılmaktadır.

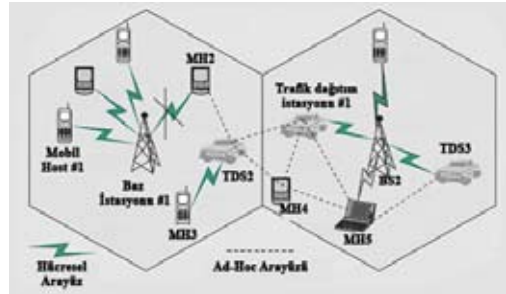


Şekil 8. Örnek QoS Modeli

C (cellular) arayüzü bir hücresel ağ frekansında çalışır, A arayüzü ise bir ad hoc ağ frekansında çalışır. Baz istasyonu mevcut hücresel ağlardaki baz istasyonlarıyla C-arayüzü bakımından aynıdır[12]. Bir baz istasyonu C-arayüzünü bir kablosuz düğümdeki mobil mikrotelefonlarla iletişime geçmek için kullanır. Baz istasyonları arasındaki iletişim kablolu modda ya da mikrodalga kullanılarak yapılsa da, bir Central Control (CC) System tarafından kontrol edilir. Mobiliteyle yönetilen trafik saptırma istasyonu (Traffic Diversion Station - TDS) trafiği hotspot alanlara saptırmak için belirlenir. Hem A-arayüzünü kullanan ve ad hoc teknolojisini ve hem de C-arayüzünü kullanan hücresel ağ teknolojisini kullanır. Bir TDS’de C-arayüzü bir BS ya da MH ile C- arayüzü kullanılarak iletişim için, A-arayüzü ise TDSler ya da

MHlar ile iletişim için kullanılır. Yukarıdaki HWN’deki MH daha esnek olarak tasarlanır ve kullarımdaki mobil araçların dağıtılmasını sağlamak için sadece bir C-arayüzü ya da sadece bir A-arayüzüne sahip olabilir.

Şekil 9’da gösterildiği gibi home BS’in (BS1 gibi) sınırlı bandwidthı yüzünden bir MH’dan (MH3 gibi) gelen istek bir kez bloklandığında, MH’ın yanındaki bir TDS (TDS2) isteği yayılan bir route üzerinden (MH3-TDS2-TDS1-BS2 gibi) başka bir BS’e (BS2) yönlendirir. Hem kablolu [8] hem de kablosuz MANET’lerdeki [9] izleme, bandwidth tahsisi, servis farklılaştırılması ve giriş kontrolü gibi ortak konulardan ayrı olarak; HWN’lerdeki QoS routing kendine özgü konulara sahiptir. MANET’lerde, hedefler kaynaklar tarafından bilinir.

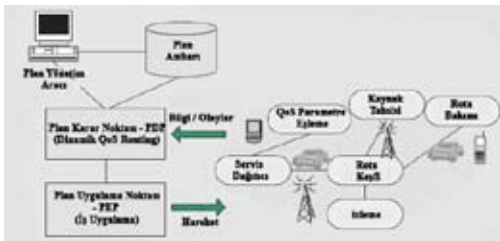


Şekil 9. Gelişmekte olan bir HWN ve Rota Yapısı

Şekil 9’da gösterildiği gibi HWN’lerde bir arama ya da data, bir sonraki hedef istediği karşılayabilecek bandwidthe sahipse, uygun bir hedefe yönlendirilir. Bu nedenle HWN’lerde hedef seçim işlemi gereklidir. Özel durumlarda, herhangi bir TDS tarafından çevrilmemiş bir MH meşgul zaman içinde bir arama yapıyorsa, BS tarafından işgal ettiği bandwidth bilgisini almak için bir pseudo kaynak (MH2) seçilir ve pseudo kaynaktan gelen arama yayılan bir route üzerinden (MH2-TDS2-TDS1-BS2) başka bir BS’e yönlendirilir [12]. TDSlerin sayısını azaltmak ve hızlı yayılmış rotelar sağlamak için yayılmış roteların orta düğümleri hem TDS’ler hem de MH’lerden A-arayüzü ile oluşabilirler (MH3-TDS2-MH4-MH5-TDS3-BS2). HWN

farklı tipte air interfaceler ile donatılmış heterojen düğümlerden olustugundan, hücresel ağlar ve ad hoc ağlar arasında eslestirilmiş QoS parametrelerine ihtiyaç duyulur (C'den A'ya ve A'dan C'ye eslestirme-haritalama-).

HWN'lerde basit QoS routing mekanizmasını korurken, tanımlanan farklı kısıtlamalara esneklik getirmeyi amaçlayan QoS routing işlemini desteklemek amacıyla Kural Tabanlı yönetim kullanılmaktadır (Şekil 10). MH'nin bir istekte bulunduğu fakat onun home baz istasyonunda bu isteği gerçekleştirebilecek yeterli bandwidth olmadığı durumlarda QRA algoritması devreye girer. Şekil 11'de bu algoritmanın çalışma prensibi gösterilmektedir. İstekle ilişkilendirilen kaynak MH, MHS ile gösterilir. MH'ların iletişim alanı içinde yeterli bandwidth'ın bir TDS'i varsa, gönderilen data için direkt olarak bir sonraki sıçrayış olarak kullanılır. Aksi takdirde, bir kaynak seçme işlemi aynı hücre içerisindeki doğru MH'ı (MHP ile gösterilir) bulmak için tetiklenir ve böylece MH_p , MH_s 'e olan kanalını serbest bırakır. Herhangi bir durumda, bir MH'nın datasının iletilmesi gerekirse, böyle bir relaying route'un bulunması gerekir. Route keşfinin önceliğine göre hedef seçme prosedürü üzerinden bir hedef seçilmek zorundadır. Bir kez bir hedef seçildiğinde, hedefi ve QoS ihtiyaçlarını karşılayacak tüm route'ları bulmak için bir route keşif prosedürü aktive edilir. Eğer çoklu yollar bulunursa, MH'nın datasının gönderilebileceği en uygun route'u bulmak için bir route seçim prosedürü uygulanır.



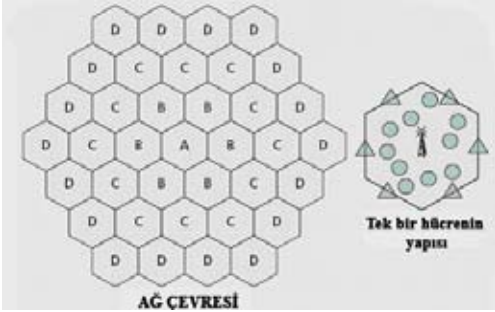
Şekil 10. QoS'i Destekleyen Kural Tabanlı Sistem Mimarisi

4.1. QoS -Haberli Hedef ve Kaynak Seçimi

QRA'da hedef seçimi hedeflerin route keşif prosedüründen önce seçildiği proaktif bir metod kullanır [12]. Amaç CC'nin en iyi şekilde kullanılmasıdır. CC hangi hücrenin tıkanmamış olduğunu ve verilen bir eşik değerinden fazla kullanılabilir bandwidth'e sahip olduğunu bilir. Ayrıca, CC kaynak MH için hedef seçebildiği zaman, route keşif işlemine sınırlandırılmış broadcasting uygulanabilir. Kaynak hücreyi çevreleyen hücreler, Şekil 12'de gösterildiği gibi kaynak hücreye olan yakınlıklarına bağlı olarak birçok hücreye bölünür. B ile işaretlenmiş Circle-1, kaynak hücreye en yakın olacak şekilde 6 hücreye bölünmüştür; Circle-2 C ile işaretlenen 12 hücre ve Circle-1 içindeki 6 hücreyle 18 hücreden oluşur. Circle-3 de D ile işaretlenmiş 18 hücre ve Circle-2den gelen 18 hücre ile 36 hücreden oluşur. RREQ (Route REQuest) ya da tam olarak QoS RREQ için QRREQ bu circle'lardan birinin içinde broadcast edilir. Sınırlandırılmış broadcast alanı bir route keşfi için gerekli olan hedef sayısına bağlı olarak seçilebilir. QRREQ içinde yer alan daha fazla hedef, keşfedilecek olan hedef BS'lere yol gösterir. Önceden kararlaştırılmış circle içinde QRREQ'leri broadcast edebilmek için, CC'nin QRREQ'lerin broadcast edilebileceği hücrelerin bir listesini vermesi gerekir. Bir orta düğüm bir QRREQ aldığı anda, ilk olarak QRREQ listesinde bulunan hücrelerden biri olup olmadığını kontrol eder. Celler'in dışında yerleşmiş olan tüm düğümler bu QRREQ'i bırakır. QRA içinde yerine getirilmiş kaynak seçim algoritması, aşağıdaki kriterleri mümkün olduğunca sağlamak için bir pseudo kaynak seçmeye çalışır [12]:

- Komşuluk TDS'lerinin daha fazla bandwidth'e sahip olması.
- Seçilen kaynağın, bandwidth'ini otomatik olarak serbest bırakmasını sağlamak amacıyla mevcut home cell'in dışına çıkarmak için daha uygun olması.
- Bir hedef seçmek için kullanılan kriter, he-

defin trafik yükü, kaynaktan hedefe gitmek için yapılan sıçramaların sayısı vb. olabilir. QRA algoritmasının geliştirilmesi sırasında sezgisel ve basit bir kriter kullanılmıştır; görevi isteği yapana ilk olarak cevap göndermek olan baz istasyonu hedef seçilir. Daha hızlı cevap, bu hedefte daha az yük olduğunu ve isteği yapana daha hızlı bir routing olduğunu gösterir [10].



Şekil 12. Ağ Ortamı

AĞ ÇEVRESİ

Şekil 12. Ağ Ortamı

4.2. QoS - Haberli Route Keşfi

Bir hedefin bilinmesinin ardından, gönderilecek datası olan fakat BS'i tarafından bloklanmış MH, QoS ihtiyaçlarını taşıyan bir QRREQ yayarak route keşfine başlar. QRA, kullanılan MANET protokolü QoS'in artırılması ile benzerdir. Bu QRREQ'da TTL olarak adlandırılan 0'dan büyük bir parametre vardır. Orta düğümler, kaynakları, paket hedefe varana kadar ya da TTL time-out olana kadar QoS ihtiyaçlarını karşılayabilirse, QRREQ'i yeniden broadcast ederler. Bir QRREQ alındısı üzerinden bir hedef düğüm, ters yolu izleyerek kaynağa dönen bir QRREP paketi gönderir.

- **Bandwidth tahsisi:** QRA'da bandwidth tahsisi 3-way handshake prosesini takip eder.
- Bandwidth hesaplama bakımından iki açı vardır. Route istek başlatıcısı tarafından istenilen mevcut bandwidth değeri iletile-

cek olan datanın özelliklerine bağlı olarak belirlenir [11].

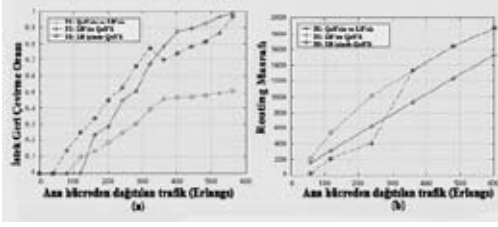
- Admission Kontrol: İki evreden oluşur: QRREQ'in geri dönüşü sırasındaki soft bandwidth tahsisi ve QRREP geri dönüşü sırasındaki hard tahsis.

5. Sonuç

Şekil 12'de gösterildiği gibi bir simülasyon ortamında, bir home hücrenin 36 komşu hücreye sahip olduğu ve her hücrenin 2km'lik iletim yarıçapına sahip olduğunu kabul edelim. 1 km'lik iletim yarıçapı içindeki TDS'ler, yan yana 2 hücrenin paylaşılan kenarlarında yerleştirilsin [12]. Her hücrede 10 adet rastgele hızda ve yönde MH dağıtılmış olsun. Bir hücrenin desteklediği maksimum trafik 100 Erlangs, her bir komşuluk hücresinde ortalama trafik 60 Erlangs, bir hücrenin hedef hücre olarak çalışabileceği eşik seviyesi 80 Erlangs olarak alınsın. Home cell sıkıştığı zaman, gelen her yeni arama komşu hücrelere yönlendirilecektir. Performans karşılaştırması için 3 routing protokolü yapılmıştır [12]:

- P1 QoS desteği olmayan ya da sınırlı broadcast yapılan ve karşılaştırma için referans nokta olarak kullanılan.
- P2 yukarıdaki algoritmayı sınırlandırılmış bandwidth olmadan uygulayan
- P3, P2'nin en üstünde sınırlandırılmış broadcast'i destekleyen.

P2 ve P3 tarafından kullanılan QoS kriteri bandwidth'tir, ancak P3 sınırlandırılmış bir alanda hedefler için arama yaparken, P2 global arama yapar. Bu üç protokol yönlendirilen trafik artarken, istek reddetme seviyesi (request rejection rate -RRR) ve routing masrafını üretir. Şekil 13a'da gösterildiği gibi, RRR, home cell'den yönlendirilen trafiğin artışı ile artar. Bu durum komşuluk hücrelerinin ve relaying TDS'lerin gittikçe sıkışması ve QoS kısıtlamalarını daha az karşılamasından kaynaklanır. P1 RRR'I önemli ölçüde azaltır. Özellikle de home hücre sıkışmaya başladığında bu olay meydana gelir [12].



Şekil 13. Simülasyon Sonuçları

QoS desteğinin eklenmesi ortalamada %65lik bir masraf artışını ortaya çıkarır. Bu artış 2 kat etki uyandırmaktadır. İlk olarak, QRREQ'in uzunluğu bandwidth ihtiyacı bilgisinin yerleştirilmesiyle artar. İkincisi ise, izleme, bandwidth tahsisi ve serbest bırakma gibi QoS ile ilgili fonksiyonların taşınması için ekstra kontrol paketlerine ihtiyaç vardır. Sınırlı broadcasting'in (P3) ortaya konulmasıyla, QoS routing'in masrafı, non-QoS P1 routing'in altına düşebilir. Bundan dolayı, sınırlı broadcasting, QoS desteğiyle ortaya çıkmış olan iletişim masraf büyüklüğünde bir uzlaşmaya varmak için kullanılabilir. Bir hücrede trafik sıkışmaya başlarsa, sınırlı broadcast yardımcı olmaz ve daha da ötesi, P3 keskin bir şekilde P2'ye katılmak amacıyla sıçrama yapar. Bunun nedeni, P3'ün QoS ihtiyaçlarını karşılayan hızlı bir şekilde azalan bir route bulmak amacıyla hataların ardından denemeye devam etmek zorunda olmasıdır. Burada bir hücre içindeki TDS'lerin sayısının sabit olduğu kabul edilmiştir. P2 ya da P3 için sistem performansı önemli derecede kötüleşirse, yeni TDS'ler yerleştirilebilir. Genel olarak, bir hücredeki TDS'lerin sayısının artmasıyla ağın ortalama RRR'i düşer. Bazen, performans kazancı sağlamak amacıyla, TDS'lerin sayısı yerine kapasitesi artırılabilir.

Bu çalışmada Heterojen Kablosuz Ağlar üzerinde, QoS Routing'i gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış yeni ve gelişmekte olan QRA algoritması ele alınarak çalışma prensipleri üzerinde durulmuş ve performans artışını gerçekleştirmek için gereken koşullardan bahsedilmiştir.

HWN'lerde QoS haberli routing ile ilgili her konu zorlayıcıdır. Bu konular, ayrıca ağın durumu hakkında tam doğru bir bilgiye sahip olunmaması nedeniyle de karmaşıktır. Pratik olarak HWN'lerde QoS garantisinin sağlanması MANET'te bunun sağlanabilme olasılığından ne az ne de çoktur. Çünkü, HWN route'ları içindeki düğümler, sadece gerektiği zamanda yer değiştiren ve kendi ağ operatörleri tarafından kontrol altında tutulan TDS'lerdir.

Kural tabanlı QoS destekleyici sistem, ağ operatörlerinin dinamik ağlarda ortaya çıkan özel ihtiyaçları karşılamak için kendi politikalarını düzenlemelerine kolay bir şekilde olanak tanır.

6. Kaynaklar

- [1]. Padgett, J.E.; Gunther, C.G.; Hattori, T., 1995, "Overview of wireless personal communications", IEEE Communications Magazine, Vol. 33, 28-41.
- [2]. Eric H.W. ; Yi-Zhan H.; Jui-Hao C., 2001, "Dynamic Adaptive Routing for Heterogeneous Wireless Network", Global Telecommunications Conference, 2001. 25-29 December 2001 San Antonio. San Antonio: 3608-3612. [3]. Gang W.; Havinga, P.J.M.; Mizuno, M., 2001, "Dynamic Adaptive Routing for Heterogeneous Wireless Network", Global Telecommunications Conference, 2001. 25-29 December 2001 San Antonio. San Antonio: 1759-1765.
- [4]. Schollmeier, G.; He, Z. Winkler, C., 2004, "Providing Sustainable Qos In Next Generation Wireless Networks", IEEE Magazine, Vol. 6804, 102-107.
- [5]. Cisco Press, Quality of Service Networking [online],http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm.

- [6]. Lorenz, P., 2004, “QoS in Next Generation Networks”, 2nd Int. Conf. Information Technology Interfaces /TI 2004, June 7-10, 2004, Cavtat, Croatia, 13-18.
- [7]. Gurijala, A.; Molina, C., 2004, “Defining and Monitoring QoS Metrics in The Next Generation Wireless Networks”, The Institution of Electrical Engineers, 37-42.
- [8]. Stardust.com, White Paper - QoS Protocols & Architectures [online], <http://www.qosforum.com>.
- [9]. Chakrabarti, S.; Mishra, A., 2001, “QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks”, IEEE Communication Magazine, 39(2),142-48.
- [10]. Wu, Y.; Yang, K.; Chen, H.-H., 2006, “ARCA: An Adaptive Routing Protocol for Converged Ad Hoc and Cellular Networks”, IEEE/KICS J. Commun. and Networks, Special Issue on Broadband Convergence Network, 422-31.
- [11]. HSU, Y.C., 1997, “Bandwidth Routing in Multihop Packet Radio Environment”, Proc. 3rd Mobile Comp. Wksp..
- [12]. Yang, K.; Wu, Y.; Chen, H. H., “QoS-Aware Routing in Emerging Heterogeneous Wireless Networks”, IEEE Communications Magazine, February, 2007, 74-80.