Kablosuz Ağlarda Gizli Düğüm Probleminde IEEE 802.11 MAC Katmanı RTS/CTS Mekanizmasının Çoklu Ortam Uygulamalarında Performansa Etkisi

Bekir BORSUK[1], Cemal KOÇAK[2]

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
[1]bekirborsuk@gmail.com, [2]ccckocak@gazi.edu.tr
(Geliş/Received: 11.02.2015; Kabul/Accepted: 25.04.2016)
DOI: 10.17671/btd.44133

***Özet*—**Tüm dünyada mobil ve kablosuz ağ kullanımının daha popüler hale gelmeye başlaması ile birlikte trafik çarpışmaları (collision) artmış olmasından dolayı ağ performansının artırılması amacıyla performans analizleri yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kablosuz ağlarla ilgili yapılan önceki çalışmalar sonucunda, RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send) mekanizmasında RTS değerlerinin, veri taşıma performansı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla çalışmada, IEEE 802.11 MAC protokolünde çoklu ortam uygulamaları için gizli düğüm probleminin olmadığı ve olduğu durumlarda RTS/CTS mekanizmasının kullanılmasının veri taşıma performansı üzerinde etkileri ortaya çıkarılmıştır. RTS'nin kapalı olduğu ve RTS değerlerinin 1-200-400-800-1600-2346 bayt olarak seçildiği senaryolar kullanılmıştır. Çalışmada RTS mekanizmasının eşik değerleri kullanılmıştır. RTS değerinden daha büyük veri çerçeveleri geldiğinde RTS/CTS mekanizması devreye girmektedir. Birim zamanda gönderilen paket miktarı (Throughput), yeniden iletim girişimi sayısı (Retransmission Attempts), düşürülen paket sayısı (Packet Drop), gecikme (Delay),alınan veri trafiği ve Jitter kriterleri kullanılarak RTS/CTS mekanizmasının ağ performansına etkileri incelenmiştir. Uygulamalar OPNET Modeler benzetim aracı kullanılarak 6 düğümlü bir yapı ile 14 senaryo üzerinde gerçekleştirilmiş olup çalışma sonucunda RTS/CTS mekanizmasının performansı artırdığı tespit edilmiştir.

***Anahtar Kelimeler*—** Gizli düğüm problemi, RTS/CTS, WLAN performans analizi, IEEE 802.11 MAC protokolü

RTS/CTS Mechanism's Effect on Performance in Multimedia Applications When Hidden Node Problem Occurs on Wireless Networks

***Abstract*—** Network collision rates has increased due to development of mobile and wireless networks all over the world, and to improve the network performance, necessity of conducting performance analysis has emerged. Wireless network studies show that, RTS values in RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send) mechanism, have an effect on network performance. In this study, RTS/CTS effects on network performance for multimedia applications has studied for the scenarios that with and without hidden node problems respectively. Furthermore, analysis have performed with no RTS, and with threshold RTS values like 1-200-400-800-1600-2346 bytes. RTS/CTS mechanism is activated when a data frame that has a higher value than RTS value comes. Therefore, by using throughput, retransmission attempts, packet drop, delay, traffic received and jitter values, RTS/CTS effects on network performance have measured. Analysis which were conducted for 14 different scenarios with 6 nodes structure by using OPNET software, showed that network performance is increased when RTS/CTS mechanism is used.

***Keywords*—**Hidden node problem, RTS/CTS, WLAN performance analysis, IEEE 802.11 MAC protocol

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kablosuz iletişim, noktadan noktaya kablo hattı kullanmadan veri, ses veya görüntü iletişimini sağlayan bir teknolojidir. Son zamanlarda video konferans gibi yüksek kalitede çoklu ortam uygulamaların kullanımı da artmıştır. Bu nedenle ağ performans analizlerinin yapılarak performansın mümkün olan en iyi seviyeye çıkarılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla kablosuz ağlarda, performansı etkileyen yüksek paket kayıp oranı, uçtan-uca paket gecikmesinin yüksek olması, alınan paket sayısının üretilen paket sayısından az olması, çarpışmanın yüksek olması, yeniden iletim girişiminin artması(retransmissions attempts),birim zamanda gönderilen paket miktarının(throughput) düşmesi gibi kriterlerde iyileştirme yapılması gerekmektedir.

Literatürde çoklu ortam uygulamalarının kullanılmadığı fakat RTS/CTS mekanizmasının veri iletim performansına etkisi üzerine bazı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. M. A. Khan ve arkadaşlarının[1] yaptığı çalışmada, gizli düğüm varlığında 802.11 WLAN MAC katmanı RTS/CTS mekanizmasının performansa etkisi incelemiştir. Gizli düğüm probleminde RTS/CTS mekanizması kullanıldığında ağ performansının iyileştiği görülmüştür. Neeraj Poudyal ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada [2], OPNET Modeler benzetim programı ile Mobile Ad-Hoc yerel alan ağlarında 802.11 MAC protokolü RTS/CTS mekanizmasının performansa etkisi araştırılmıştır. Gizli düğüm probleminin olduğu ve RTS/CTS mekanizmasının kullanılmadığı durumlarda performans önemli ölçüde azalmıştır. RTS/CTS kullanıldığında gizli düğüm probleminde performans artışı olmuştur. Ha Cheol Lee[3] yapmış olduğu çalışmada ise Mobile Ad-Hocyerel alan ağlarında TCP performansı üzerinde RTS/CTS mekanizmasının etkisini araştırmıştır. RTS/CTS mekanizmasının gizli düğüm probleminde ağ performansını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

M. H. Ali ve arkadaşının[4] yapmış olduğu çalışmada OPNET Modeler benzetim aracı kullanarak RTS/CTS mekanizmasının etkilerini incelenmiş olup, gecikmeve birim zamanda gönderilen paket miktarı grafikleri ile sonuçların analizi gerçekleştirilmiştir. Gizli düğüm probleminde RTS/CTS mekanizmasının kullanılması performansı artırmış olup, RTS değeri düştükçe birim zamanda gönderilen paket miktarının arttığı gözlemlenmiştir. RTS/CTS mekanizmasının çarpışmayı azalttığı sonucu elde edilmiştir. Yine OPNET Modeler benzetim programı kullanılarak yapılan bir çalışmada [5],IEEE 802.11 ağ üzerinde RTS/CTS mekanizmasının performansa etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada RTS/CTS mekanizmasının kullanıldığı ve kullanılmadığı iki senaryo tasarlanarak incelemeler yapılmıştır. Gizli düğüm problemi varlığında RTS/CTS mekanizması kullanıldığında ağ performansında iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Çarpışma ve gecikme azalmıştır. G. Habibve C. Bassil[6] yapmış oldukları çalışmada ise VANET ağlarda RTS/CTS mekanizmasının etkileri incelemiştir. Gizli düğüm problemi varlığında RTS/CTS mekanizmasının kullanılması kaybedilen paket miktarını azaltarak performansı iyileştirmiştir.

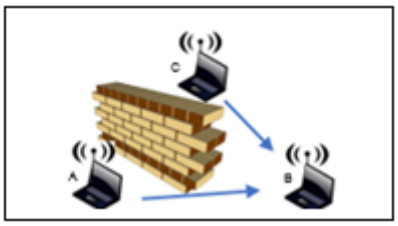
S. Manitpornsut ve arkadaşlarının[7] yaptığı çalışmada gizli düğüm probleminde RTS/CTS mekanizmasının ağ performansına etkisi incelenmiştir. Gizli düğüm probleminde istasyondan erişim noktasına FTP iletimi varken RTS/CTS mekanizmasının kullanılması birim zamanda gönderilen paket miktarını artırmıştır. Diğer taraftan erişim noktasından istasyona iletim varken RTS/CTS mekanizması sistem performansını artırmamıştır. RTS/CTS mekanizmasının gizli düğüm problemini çözmede ideal bir çözüm olmadığını öne sürmüştür. W. Chien-Min, H. Ting-Chao[8] yapmış oldukları çalışmada kablosuz Multihop Ad-Hoc ağların performansına RTS/CTS mekanizmasının etkisi incelenmiştir. Multihop ağın birim zamanda gönderilen paket miktarının single-hop ağa göre daha düşük olduğunu göstermiştir. RTS/CTS mekanizmasının sonucu olumlu anlamda değiştirmediği görülmüştür.

Bu çalışmada, RTS/CTS mekanizmasının çoklu ortam uygulamaları üzerindeki etkisi ve kullanılması tavsiye edilen RTS değeri tespit edilmiştir. Kablosuz ağlarda, çoklu ortam uygulamalarından video konferans kullanılmış olup gizli düğüm probleminin olmadığı ve olduğu durumlar için RTS/CTS mekanizması kullanılarak ağ performansına etkisi incelenmiştir. Hangi durumlarda performansın daha iyi olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca daha fazla hareketli düğüm ile video konferans uygulaması içinvery light, light, medium, heavy, very heavy olmak üzere 5 farklı format ve büyüklüklerdeki paket yapıları kullanılarak gerçeğe daha yakın bir benzetim ortamı oluşturulmuştur. RTS özelliği sadece açık olarak kabul edilmeyip, 1-200-400-800-1600-2346 bayt değerlerinde performansa etkisi incelenmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde gizli düğüm probleminden bahsedilmiş, 3. bölümünde RTS/CTS mekanizmasının çalışma prensipleri anlatılmış, 4. bölümünde senaryolar ve benzetim parametreleri ile ilgili bilgiler verilmiş,5. bölümünde benzetim sonuçları ve analizler yorumlanmış ve son olarak6. Bölümünde çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

2. GİZLİ DÜĞÜM PROBLEMİ (HIDDEN NODE PROBLEM)

Gizli düğüm problemi, kablosuz ağlarda kapsama alanı sebebiyle oluşan bir sorun olup istasyonların bilgilendirilmesindeki eksikliklerden kaynaklanır[9]. Kablosuz ağlara özel bir durumdur ve diğer ağ türlerinde görülmez. Gizli düğüm problemi, kablosuz ortamlarda bir engel sebebiyle ya da kapsama alanından dolayı birbirlerini göremedikleri halde ortak bir düğümle haberleşmeye çalışmaları sonucu çarpışmaya sebep olunan bir durumdur. İki düğüm farkında olmadan birbirlerinin haberleşmelerini bozar.

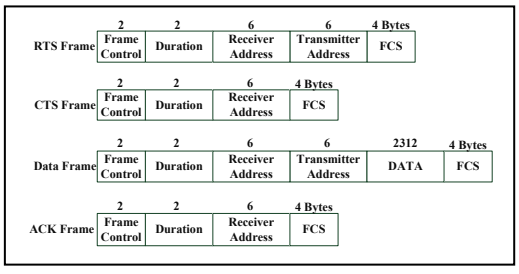


Şekil 1. Gizli düğüm problemi
(Hidden node problem)

Birden fazla düğümün kablosuz olarak veri göndermeye çalışması alıcı düğüm için ilave problemler meydana getirir. Şekil 1'de görülen 3 adet düğümden B alıcı, A ve C göndericidir. B, A ve C'nin kapsama alanı içerisindedir. Ancak A ile C birbirlerini göremez. Bu sebeple birbirlerinin B'ye olan veri gönderme girişimlerinden bilgileri olmamaktadır. A ve C düğümleri birbirinden habersiz olarak, B düğümüne herhangi bir veri paketi göndermek için kanalı dinler ve müsait olduğunu öğrendikten sonra veriyi gönderir. A ve C düğümleri veri paketlerini aynı Anda yolladığından çarpışma meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak da birim zamanda gönderilen paket miktarının düşmesi, yeniden iletim girişiminin artması, paket kayıp oranlarının yükselmesi meydana gelmektedir. RTS/CTS mekanizmasının kullanılması sorunu çözmede yardımcı olabilir[10].

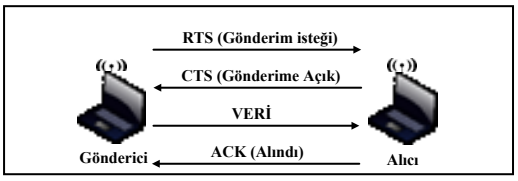
3. RTS/CTS MEKANİZMASI(REQUEST TO SEND/CLEAR TO SEND MECHANISM)

RTS/CTS mekanizması, IEEE 802.11 DCF (Distributed Coordination Function)yapısı içerisinde veri transferinde kullanılmaktadır. DCF kablosuz yerel alan ağlarında MAC katmanında düğümler arası veri transferinde CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) yöntemini kullanan, servis kalitesi garantisinin olmadığı ve önceliklendirme yapmadan verilerin iletildiği yöntem ve kontrol fonksiyonudur[11].



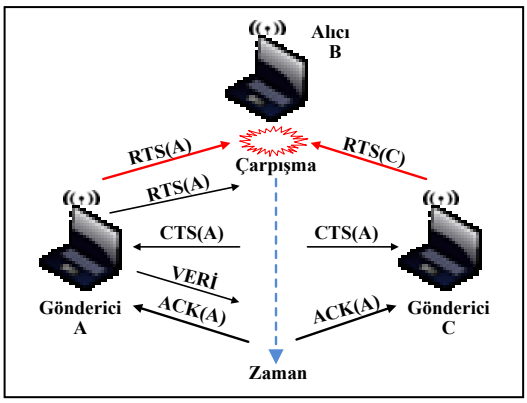
Şekil 2. IEEE802.11 DCF çerçeve yapıları
(IEEE 802.11 DCF frame structure)

Şekil 2'de IEEE 802.11 DCF yapısında RTS, CTS, Veri (Data) ve ACK (Acknowledgement) çerçeve formatları sırasıyla gösterilmiştir.802.11 MAC alt katman protokolünde çerçeve türleri; yönetim, veri ve kontrol çerçeveleri olmak üzere 3 çeşittir. MAC çerçevesinin "Frame Control" alanının "Type" alt alanı çerçevenin tipini belirler. RTS(20 bayt), CTS(14 bayt) ve ACK(14 bayt) çerçeveleri kontrol çerçeveleridir[12].



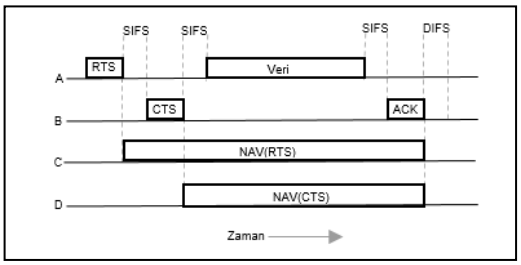
Şekil 3. Dört çerçeveli(RTS/CTS) erişim metodu
(Four-way handshaking (RTS/CTS) access method)

RTS/CTS mekanizmasının kullanımı isteğe bağlı bir özellik olup gizli düğüm problemini çözmede etkilidir. Gönderilmek istenen veri çerçevesinin boyutu RTS değerinden daha büyük olduğunda, öncelikle RTS çerçevesi gönderilir ve CTS çerçevesi dönüşü geldikten sonra veri çerçevesi gönderilir. ACK çerçevesinin alınmasıyla veri çerçevesinin gönderildiği teyit edilir (Şekil 3).RTS/CTS mekanizmasının kullanılması, düğümler tarafından aynı anda gönderilen çerçevelerin çarpışmasını önleyecek ve ağ gecikmelerini engelleyecektir. RTS çerçeveleri (20 bayt) veri çerçevelerine göre çok daha küçük boyutta olduğundan çarpışma olasılıkları daha düşüktür.



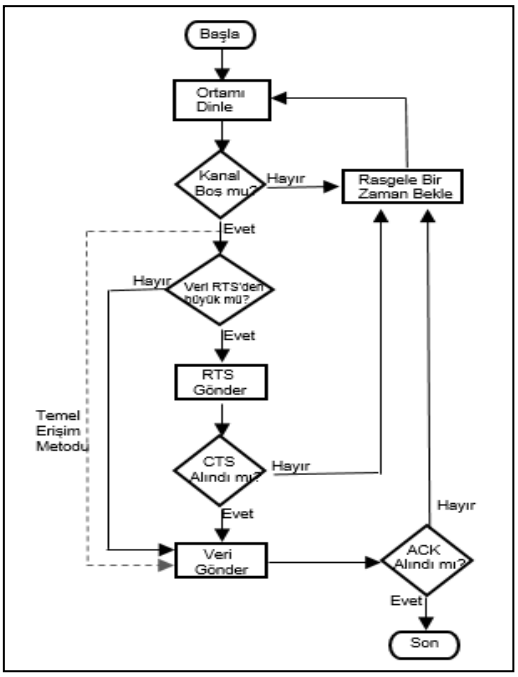
Şekil 4. RTS/CTS mekanizmasında çarpışma
(Collision in RTS/CTS mechanism)

Şekil 4'de A ve C düğümlerinin birbirlerine karşı gizli düğüm olarak aynı anda iletime başlaması durumu gösterilmiştir. RTS/CTS mekanizması dolaylı olarak gizli düğümün görülmesini sağlar. RTS çerçevelerinin çarpışması durumunda düğümler (A ve C) rastgele bir zaman sonra RTS çerçevelerini tekrar gönderirler.



Şekil 5. RTS/CTS mekanizmasında ağ tahsis vektörü
(Network allocation vector in RTS/CTS mechanism)

Şekil 5'de gizli düğüm konumunda bekleme süreleri ile ilgili iletişim durumu gösterilmiştir. A düğümü B'ye veri göndermek amacıyla öncelikle RTS kontrol çerçevesini gönderir. A düğümünün kapsama alanında olan bütün düğümler bu mesajı alırlar ve bir veri iletimi olacağını algılayarak bir bekleme zamanı tahsis ederler. Şekil 5'de görülen NAV (Network Allocation Vector), bekleme zamanını ifade etmektedir. NAV, alınan sinyalin geldiği yönü ve süresi gibi bilgilerin tutulduğu bir tablodur. NAV sinyalleri ile kablosuz ortamın, hangi yönde ne kadar süre kullanılamayacağını belirtir. Bu sayede diğer düğümlerden ACK sinyali gelene kadar herhangi bir veri alış-verişinde bulunulması önlenmiş olur. C düğümü bu bekleme zamanı süresince herhangi bir veri gönderme girişiminde bulunmaz. B düğümü veri almaya uygun olduğunu CTS kontrol çerçevesini yollayarak belirtir. B'nin kapsama alanı içerisinde fakat A'nın kapsam alanı içerinde olmayan D düğümü de CTS'yi aldıktan sonra NAV ile bir bekleme zamanı tahsis ederek o süre zarfında herhangi bir veri gönderme girişiminde bulunmaz. CTS'yi alan A düğümü veri çerçevesini gönderir ve kendisi için ACK zamanlayıcı başlatır. Veri çerçevesi tam ve doğru olarak alındığında B tarafında bir ACK sinyali gönderilir. A'nın kendisi için başlattığı ACK zamanı B düğümünden gelen ACK sinyalinden önce biterse veri çerçevesinin iletiminde bir sorun olduğu anlamına gelir ve tüm iletişim tekrarlanır[10].



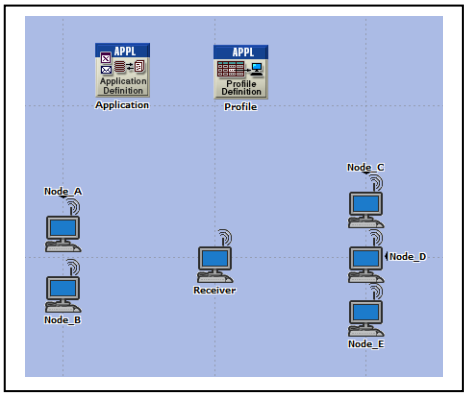
Şekil 6. Temel ve RTS/CTS erişim metotları
(Basic and RTS/CTS access methods)

IEEE 802.11 standartlarında temel erişim metodu ve dört çerçeveli erişim metodu olmak üzere iki çeşit veri aktarımı mevcuttur (Şekil 6).Temel erişim metodunda, herhangi bir düğüm iletişim kanalını dinler eğer kanal boş ise veriyi gönderir. Gönderilecek veri çerçevesi RTS eşik değerinden büyük ise RTS çerçevesi gönderilir. Veri, RTS eşik değerinden küçük ise sadece veri çerçevesi gönderilir [2].

4. BENZETİMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE SENARYOLAR (SIMULATION IMPLEMENTATIONS AND SCENARIOS)

Benzetim, bir sistemin maliyet ve zamandan tasarruf edilerek belirli bir kısmının ya da imkânlar ölçüsünde tamamının taklit edilmesidir. Benzetim bize gerçeğe yakın sonuçlar sunar. Dolayısıyla günümüzde her alanda benzetim araçlarının kullanımı giderek artmaktadır[13].

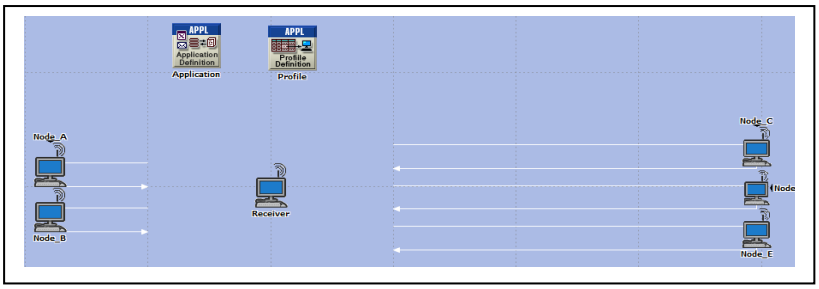
Bu çalışmada benzetim ortamı olarak nesneye yönelik bir program olan OPNET Modeler kullanılmıştır. OPNET Modeler bir haberleşme ağını modelleme, benzetimi gerçekleştirme, verileri belli bir düzen dâhilinde toplama ve elde edilen sonuçları analiz etme işlemlerini yapar[14]. Oluşturulan değişik senaryolara ilişkin benzetimlerin gerçekleştirilmesi için sırasıyla; ağ modelinin tasarlanması, ağ performansını gösteren istatistiklerin belirlenmesi, benzetimin çalıştırılması, sonuçların yorumlanması ve diğer ağ modelleri için aynı adımların tekrarlanarak sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Gizli düğüm probleminin olmadığı ağ yapısı Şekil 7'de gösterilmiştir. Gizli düğüm probleminin ortaya çıkabilmesi için ağda en az 3 adet düğüm bulunmalıdır. Gerçeğe yakın bir benzetim ortamı sağlayabilmek ve aynı trafik türünün farklı büyüklüklerdeki veri çerçevelerini kullanabilmek amacıyla kullanılan düğüm sayısı arttırılarak 6 adet düğüm kullanılmıştır.



Şekil 7. Gizli düğüm probleminin olmadığı ağ yapısı
(Network structure for the absence of hidden node problem)

Şekil 8'de receiver hariç diğer düğümlerin ok istikametinde tanımlanmış olan zaman ve mesafe çerçevesinde hareketleri gösterilmiştir. Bu hareketlilik sonucu A, B düğümleri ile C, D, E düğümleri birbirlerinin kapsama alanı dışına çıkarak gizli düğüm probleminin ortaya çıkması sağlanmıştır. Benzetim ortamında receiver olarak adlandırılan düğüm, erişim noktası (Access Point) olarak seçilmiştir. Başlangıç noktasında düğümlerin receiver'a olan mesafeleri 12,5 metredir.

.



Şekil 8. Gizli düğüm probleminin olduğu ağ yapısı
(Network structure for the presence of hidden node problem)

Tablo 1. Gizli düğüm problemi ve RTS değerleri
(Hidden node problem and RTS values)

Gizli Düğüm Problemi	**RTS Değeri (bayt)**					
YOK	RTS Kapalı					
YOK	1	200	400	800	1600	2346
VAR	RTS Kapalı					
VAR	1	200	400	800	1600	2346

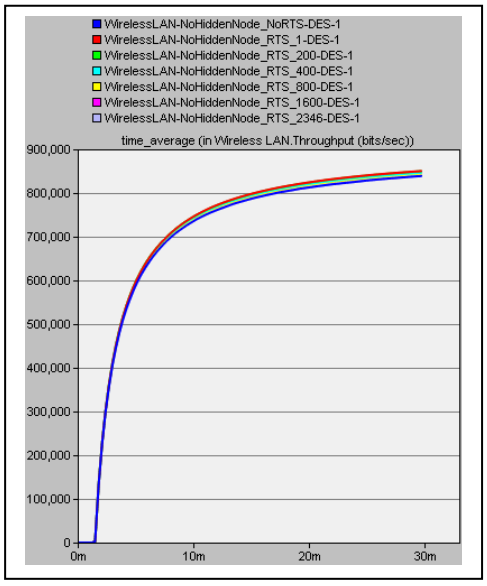
Tablo 1'de gizli düğüm probleminin olmadığı ve olduğu durumlar için kullanılan RTS eşik değerleri verilmiştir. Benzetim çalışmasında RTS değerinin kullanılmadığı (RTS kapalı) ve kullanıldığı (1-200-400-800-1600-2346 bayt) toplam 14 senaryo mevcuttur. Öncelikle gizli düğüm probleminin olmadığı durumlarda RTS/CTS' nin etkisi incelenmiş olup daha sonra gizli düğüm probleminin olduğu durumlar incelenerek karşılaştırma yapılmıştır. Gerçekleştirilen senaryolarda düğümler arasındaki trafik akışı A, B, C, D, E düğümlerinden receiver düğümüne doğrudur.

Kablosuz ağlarda iletişim için fiziksel katmanda DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) olarak adlandırılan bir teknik kullanılmaktadır. DSSS tekniği, gönderilecek her bit için çok miktarda bitlerden oluşan bir "pattern" üretir. Bu pattern ne kadar uzunsa orijinal verinin geri alınması o kadar yüksek olur. Eğer pattern'in içindeki bir ya da iki bit haberleşme sırasında bozulursa, orijinal veri iletişim tekrarlamadan düzeltilebilir [15, 16, 17].Bu avantajlarından dolayı çalışmada bütün düğümlerin fiziksel katmanında DSSS tekniği kullanılmıştır.

Düğümlerin iletim gücü 0,00001 Watt, iletim menzili yaklaşık olarak 50 metre olarak seçilmiştir. Gizli düğüm problemi oluşabilmesi için düğümlerin birbirlerinin iletim menzili dışına çıkabileceği bir alana ihtiyaç vardır. Düğüm sayısı ve iletim menzilleri göz önüne alınarak benzetim ortamı 100x100 metre genişliğinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Benzetimde yaklaşık olarak 7. ve 24. dakikalar arasında gizli düğüm problemi oluşmaktadır. Ağ cihazlarının birbirini tanımaları ve ağın paket göndermeye hazır hale gelmesi için belli bir süre tanınmış olup benzetim 30 dk sürdürülmüştür. Böylece analizin sağlıklı olarak yapılabilmesi için yeterli zaman tanınmıştır. Bu şekilde ağ kurulumu ve konfigürasyonu bitirilerek sonuçlar elde edilmiştir.

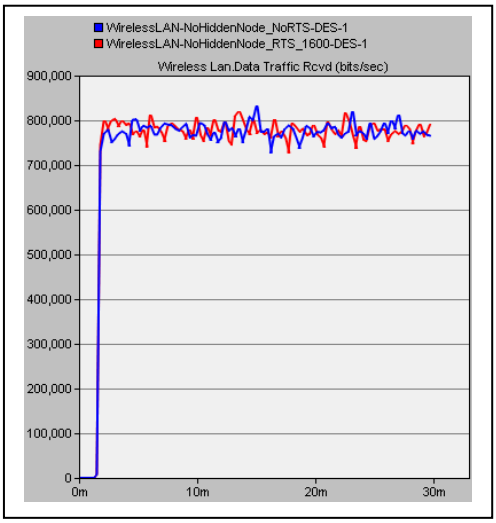
5. SONUÇLAR VE ANALİZLER (RESULTS AND ANALYSIS)

Yapılan çalışmada performans karşılaştırmasında kullanılan parametreler; alınan veri trafiği(bit/sn),gecikme(sn), birim zamanda gönderilen paket miktarı(bit/sn), düşürülen paket sayısı (adet), yeniden iletim girişimi (adet) ve Jitter (sn) metriğidir.



Şekil 9. RTS değişiminin throughput metriğine etkisi
(Effects of the different values of RTS on throughput)

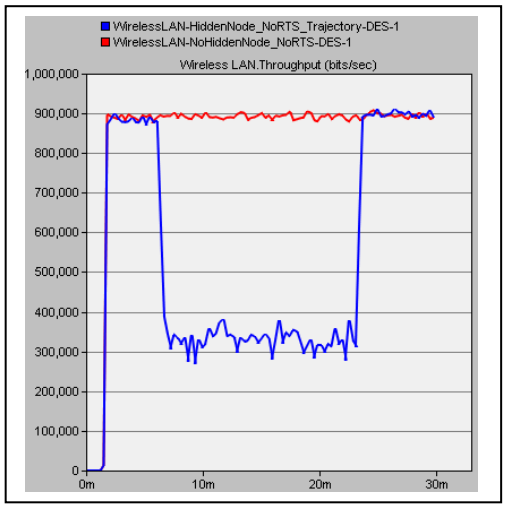
Şekil 9'da gizli düğüm probleminin olmadığı durumda RTS değişiminin birim zamanda gönderilen paket miktarına etkisi gösterilmiştir. Gizli düğüm probleminin olmadığı durumda oluşan trafik 850.000 bit/sn civarındadır. RTS değerinin kapalı ya da açık (1-200-400-800-1600-2346 bayt) olması durumları performansı çok fazla etkilememiştir.



Şekil 10. RTS'nin receiver'ın aldığı trafiğe etkisi
(Effects of the different values of RTS on receiver's traffic received)

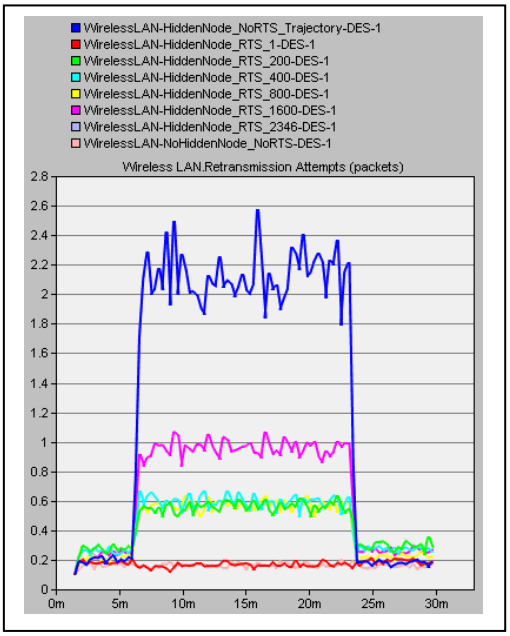
Şekil 10' da verilen grafik Şekil 9'da elde edilen sonuçları onaylamakta ve gizli düğüm probleminin olmadığı durumda receiver'ın aldığı trafik miktarında RTS değişimi ile ilgili kayda değer bir değişiklik olmadığını göstermektedir.

Şekil 11'de gizli düğüm probleminin olmadığı ve olduğu durumlarda birim zamanda gönderilen paket miktarı gösterilmiştir. Düğümler hareketsizken oluşan trafik 900.000 bit/sn olarak elde edilmiştir. Düğümlerin hareketlenerek birbirinden uzaklaşması sonucu(Şekil 8) gizli düğüm problemi ortaya çıktığında 300.000 bit/sn civarına düşmektedir. Bu değerlere göre performansta önemli ölçüde bir düşüş yaşanmaktadır. Bu yüzden düşen performansı önlemek ve artırmak için farklı RTS değerleri uygulanarak performansın arttırılması sağlanmıştır.



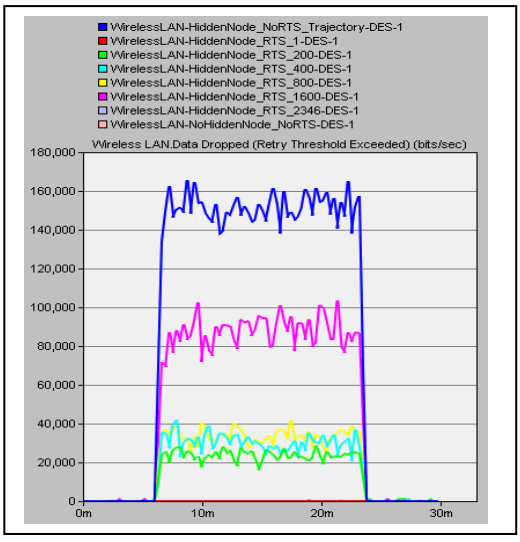
Şekil 11. Birim zamanda gönderilen paket miktarı
(Throughput)

Şekil 12 'de RTS değerlerine göre kablosuz ağdaki yeniden iletim girişimi sayıları gösterilmektedir. Bu istatistik veri çerçeveleri başarılı bir şekilde iletilene ya da short ya da longretry limit'e ulaşana kadar ki iletim girişimi sayılarını içermektedir. RTS değerine eşit ya da RTS değerinden daha küçük olan veri paketleri için maksimum iletim girişim sayısı short retry limit kadardır. RTS değerinden daha büyük veri paketleri için yani RTS/CTS mekanizmasının olduğu durumda maksimum iletim girişimi sayısı long retry limitte belirtilen sayı kadardır.



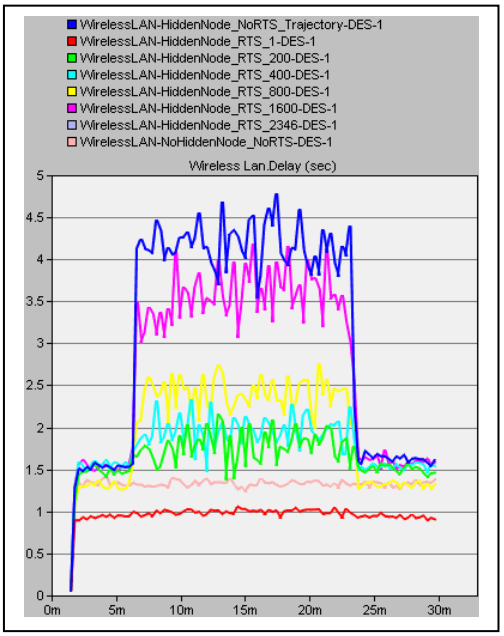
Şekil 12. RTS değerlerine göre yeniden iletim girişimi
(Effects of the different values of RTS on retransmission attempts)

Yapılan benzetim çalışmasının sonuçları incelendiğinde düğümlerin birbirleri için gizli duruma geldiğinde yeniden iletim girişimi sayılarının arttığı gözlemlenmiştir. Gizli düğüm problemi ortaya çıktığında çarpışmaların artmasından dolayı yeniden iletim girişimi sayıları aşırı derecede artmaktadır. Gizli düğüm problemi varken RTS/CTS mekanizmasının kullanılması yeniden iletim girişimi sayısını minimize etmiştir. Yeniden iletim girişimi sayısının düşük olduğu durumda, RTS/CTS mekanizması sayesinde çarpışma sayısı azaltmış ve performansın arttığı görülmüştür.



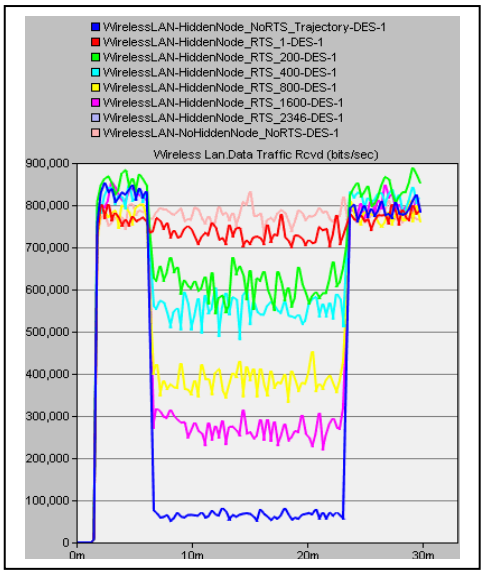
Şekil 13. RTS değerlerine göre düşürülen paket miktarları
(Effects of the different values of RTS on data drop)

Şekil 13'de RTS/CTS mekanizmasının kullanımı ile ağda düşürülen paket miktarının azaldığı görülmektedir. Gizli düğüm problemi varlığında RTS/CTS mekanizması kullanılmadığı durumda düşürülen paket miktarı 160.000 bit/sn civarında iken RTS/CTS mekanizmasının düşük değer atanarak kullanıldığı durumda düşürülen paket miktarı neredeyse 0 bit/sn'ye yaklaşmıştır.



Şekil 14. RTS değerlerine göre gecikme süreleri
(Effects of the different values of RTS on delay)

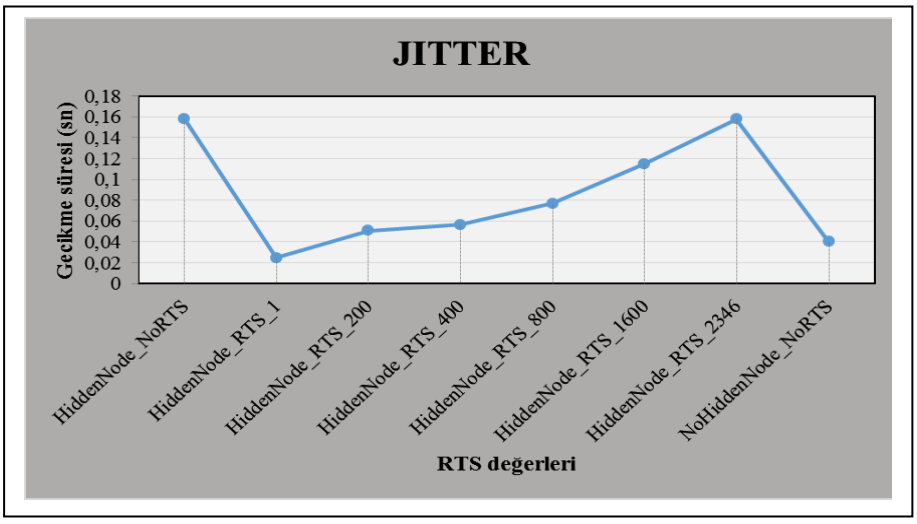
Şekil 14'de ağdaki tüm düğümlerin paket gecikmeleri gösterilmiştir. Gizli düğüm problemi esnasında oluşan çarpışmadaki artış gecikmenin ani bir şekilde artmasına sebep olmaktadır. Meydana gelen gecikmedeki bu artış performansın düştüğünün göstergelerinden biridir. Gizli düğüm problemi sebebiyle oluşan çarpışmayı azaltmak amacıyla IEEE 802.11 protokolü RTS/CTS mekanizması isteğe bağlı olarak kullanabilir.



Şekil 15.RTS değerlerine göre Receiver'ın aldığı trafik
(Effects of the different values of RTS on receiver's traffic received)

Şekil 15'de kablosuz ağ içerisindeki RTS değerlerine göre receiver düğümünün aldığı trafik miktarı gösterilmektedir. Gizli düğüm problemi yokken alınan trafik 800.000 bit/sn ile en yüksek değerinde olup gizli düğüm probleminin ortaya çıkmasıyla 80.000 bit/sn civarına düşmüştür. Performans RTS/CTS mekanizmasının kullanılmaya başlamasıyla artmıştır.

Alınan trafik; RTS'ye 2346 bayt değeri verildiğinde 80.000 bit/sn civarında kalmıştır. RTS 1600 bayt ile 300.000 bit/sn düzeyine, RTS 800 bayt ile 400.000 bit/sn düzeyine, RTS 400 bayt ile 550.000 bit/sn düzeyine, RTS 200 bayt ile 650.000 bit/sn düzeyine yükseltilmiştir. RTS'ye en düşük değer olan 1 bayt verildiğinde alınan trafik 710.000 bit/sn düzeyine çıkmıştır. RTS değeri düştükçe performansın olumlu yönde arttığı görülmüştür.



Şekil 16.RTS değerlerine göre receiver'ın aldığı jitter metriği
(Effects of the different values of RTS on receiver's jitter)

Şekil 16'da kablosuz ağlarda RTS değerlerine göre receiver'ın aldığı paketlerin gecikme sürelerindeki farklılık olan Jitter grafiği gösterilmiştir. Ardışık paketlerin iletim sürelerindeki fark düşük olduğunda performans daha yüksek çıkmaktadır. Kesintisiz bir video konferans haberleşmesi için Jitter değerinin mümkün olduğunca küçük olması gerekmektedir. Gizli düğüm olmadığında Jitter değeri 0,039 sn iken gizli düğüm problemi olduğunda 0,158 sn değerine yükselmiştir. RTS/CTS mekanizmasının kullanılması sayesinde performans artmıştır. RTS değeri 2346 bayt değeri verildiğinde Jitter değeri 0,158 sn, RTS değeri 1600 bayt kullanıldığında 0,114 sn, RTS değeri 800 bayt ile 0,076 sn düzeyine, RTS değeri 400 bayt ile 0,056 sn düzeyine, RTS değeri 200 bayt ile 0,050 sn olarak elde edilmiştir. RTS'ye en düşük değer olarak 1 bayt verildiğinde 0,024 sn ile en küçük Jitter değeri elde edilmiştir. Jitter metriği sonuçlarından da anlaşılacağı gibi RTS değerini azalttıkça ağın performansını olumlu yönde arttırdığı görülmüştür.

Yapılan benzetim çalışmasında özetle; Kablosuz ağlarda çoklu ortam uygulamaları kullanılırken gizli düğüm probleminin olmadığı durumlarda; Ortalama yeniden iletim girişimi sayısının düşük olması hedefleniyorsa RTS kapalı olmalıdır. Ortalama birim zamandaki paket miktarının yüksek olması hedefleniyorsa RTS değeri 1 baytolarak seçilmelidir. Gizli düğüm probleminin olmadığı durumlarda birim zamanda gönderilen paket miktarı en yüksek değere çıkmıştır. RTS değerinin kapalı ya da açık (1-200-400-800-1600-2346 bayt) olması performansı çok fazla etkilememiştir.

Kablosuz ağlarda çoklu ortam uygulamaları kullanılırken gizli düğüm problemi varlığında; RTS değerine 2346 bayt verildiğinde RTS'nin kapalı olmasıyla aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu da veri çerçevesinin en çok 2346 bayt uzunluğuna kadar çıkabildiğini göstermektedir. RTS değeri düşürüldükçe en uygun çözüme yaklaşılarak ağ performansının arttığı gözlemlenmiştir. MAC veri çerçevesi 34-2346 bayt arası değer alır[15]. Bu sebeple veri çerçevesi 34 bayt ve daha küçük değer alamayacağı için RTS devreye girmez. Dolayısıyla en iyi performansı alabilmek için en uygun RTS değeri 1-34 bayt arasında seçilmelidir. RTS'ye 1-34 bayt arası değer verildiğinde ortalama alınan veri trafiği en yüksek seviyeye ulaşmakta ve performans için en iyi seviye yakalanmaktadır. Gizli düğüm problemi ortaya çıktığında ağ performansı önemli ölçüde düşmüştür ve RTS/CTS mekanizmasının kapalı olduğu durumlarda en düşük birim zamanda gönderilen paket miktarı, en fazla gecikmeye ve en fazla çarpışmaya neden olmuştur. RTS/CTS mekanizması kullanıldığında gizli düğüm problemlerinde performans artışı meydana gelmiştir. RTS değeri düşürüldüğünde alınan veri trafiği artmış, gecikme süreleri düşürülmüş ve çarpışma azalmış dolayısıyla performansta iyileşme sağlanmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmada çoklu ortam uygulamaları kullanıldığında gizli düğüm problemi yokken ve RTS kapalı iken receiver'ın aldığı trafik 790.000 bit/sn (%100) civarında iken gizli düğüm problemi ortaya çıktığında alınan trafik 91.000 bit/sn (%12) civarına düşmüştür. Çalışmada tavsiye edilen RTS değeri olan 1-34 bayt arası bir değer kullanıldığında alınan trafik 710.000 bit/sn (%89) civarına çıkmıştır. Yapılan bu çalışma performansı %77 oranında artırdığından diğer çalışmalara oranla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2. Diğer çalışmalar ile karşılaştırılması
(Comparison with other studies)

Makale	**Trafik Türü**	**Düğüm Sayısı**	**Benzetim Aracı**	**RTS Eşik Değerleri (bayt)**	**Tavsiye Edilen RTS Değeri (bayt)**	**Gizli düğüm probleminde RTS Kullanımında Performans Değişimi (%)**
H.Jasani et al [5]	Belirtilmemiş	3	Opnet Modeler	Kapalı-Açık	Belirtilmemiş	%37 artış
M. Ali et al [4]	File Transfer-Email - Web	2-10	Opnet Modeler	Kapalı-Açık(16-256)	16	%38 artış
H.Lee[3]	FTP	3	Opnet Modeler	Kapalı-Açık	Belirtilmemiş	%45 artış
M. Khan et al [1]	Belirtilmemiş	5	Opnet Modeler	Kapalı-Açık(256-1024)	256	%55 artış
Bu Çalışmada	Video Konferans	6	Opnet Modeler	Kapalı-Açık(1-200-400-800-1600-2346)	1-34 arası	%77 artış

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada kablosuz ağlarda çoklu ortam uygulamaları kullanılırken gizli düğüm probleminin olmadığı ve olduğu durumlarda RTS/CTS mekanizmasının performansa etkisi incelenmiştir. Sonuçlar; birim zamanda gönderilen paket miktarı, yeniden iletim girişimi sayısı, düşürülen paket sayısı, gecikme, alınan veri trafiği ve jitter grafikleri alınarak analiz edilmiştir.

Gizli düğüm probleminde RTS değeri düşürülerek artırılan performans gizli düğüm problemi olmayan durumdan daha düşüktür. RTS eşik değerinin kullanılması gizli düğüm probleminin olduğu durumlarda gizli düğüm probleminin olmadığı duruma göre çok daha fazla performans artışı sağlamıştır. RTS/CTS çarpışmayı doğrudan engellerken diğer performans kriterlerini dolaylı yoldan etkilemektedir. Çarpışmayı en aza indirmek diğer performans kriterlerinin iyileşmesini garanti etmez. Kablosuz ağlarda çoklu ortam uygulamaları kullanılırken RTS/CTS mekanizmasının kullanılması performansı olumlu yönde etkilemekte olup RTS/CTS mekanizmasının çarpışmanın yüksek olduğu ve ilgili düğümlerin birbirlerinin kapsama alanı dışında bulunduğu durumlarda ortaya çıkan gizli düğüm probleminin olduğu ağlarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Kablosuz yerel alan ağlarında yapılacak olan çalışmalarda çoklu ortam uygulamaları kullanılırken gizli düğüm problemi varlığında RTS eşik değeri düşürüldükçe performansın arttığı göz önünde bulundurulmalıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalar için; RTS, CTS, Veri ve ACK kontrol çerçeveleri arasında ki sürelerin (DIFS, SIFS) azaltılarak ağ performansına etkisinin incelenmesi ve RTS/CTS mekanizmasının DDoS atakları olarak kullanılmasının önlenmesine yönelik çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] M. A. Khan, T. A. Khan, M. T. Beg, "RTS/CTS Mechanism of MAC Layer IEEE 802.11 WLAN in Presence of Hidden Nodes", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2(5), 232-236, 2012.

[2] N. Poudyal, H. C. Lee, B. S. Lee, Y. Byun, E. Y. Tao, "The impact of RTS/CTS frames on TCP performance in mobile ad hoc-based wireless LAN", **IEEE 11th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)**,1554 – 1559, 15-18 Feb. 2009.

[3] H. C. Lee, "The Effect of RTS/CTS Frames on the Performance of Ad Hoc-Based Mobile LAN", **IEEE Third International Conference on Advances in Mesh Networks**, 63-68, 2010.

[4] M. H. Ali, M. K. Odah, "Simulation Study of 802.11b DCF Using OPNET Simulator", Eng.& Tech. Journal, 27(6), 1112 – 1117, 2009.

[5] H. Jasani, N. Alaraje, "Evaluating the Performance of IEEE 802.11 Network using RTS/CTS Mechanism", **IEEE International Conference on Electro/Information Technology**, 616-621, 2007.

[6] G. Habib, C. Bassil, "Influence of the RTS/CTS in VANET", **IEEE 13th Mediterranean Microwave Symposium (MMS)**,1-4, 2-5 Sept. 2013.

[7] S. Manitpornsut, B. Landfeldt, A. Boukerche, "Improving densely deployed wireless network performance in unlicensed spectrum through hidden-node aware channel assignment", Performance Evaluation Journal (Elsevier ScienceDirect), 68(9), 825–840, 2011.

[8] W. Chien-Min, H. Ting-Chao, "The impact of RTS/CTS on performance of wireless multihop ad hoc networks using IEEE 802.11 protocol.", **IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics**, 4, 3558–3562, 2005.

[9] S. Kumar, V. S. Raghavan, J. Deng, "Medium Access Control protocols for ad hoc wireless networks: A survey", Ad Hoc Networks Journal (Elsevier ScienceDirect), 4(3), 326–358, 2006.

[10] A. Matoba, M. Hanada, H. Moon, M. W. Kim, "Asymmetric RTS/CTS in ad hoc Wireless LAN.", **IEEE 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)**, 575 – 578, 2014.

[11] H. H. BALIK, "Kablosuz Ağ Protokolleri Dersi", Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Paralel Mimariler ve Sayısal Haberleşme Dersi Ders notları, 2011.

[12] B. Mawlawi, J-B. Dor´e, "CSMA/CA with RTS/CTS Overhead Reduction for M2M Communication with Finite Retransmission Strategy", **IEEE International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)**, 1107 – 1111, 24-28 Aug. 2015.

[13] X. Chang, "Network Simulations With Opnet", **Proceedings of the 31st conference onWinter Simulation Conference**, 1, 307 – 313, 1999.

[14] OPNET, "OPNET Modeler 11.5 Documentation", OPNET Technologies, Release 11.5, 2006.

[15] M. I. Youssef, A. E. Emam, M. Adb Elghany, "Direct sequence spread spectrum technique with residue number system", International Journal of Electrical, Computer and Systems Engineering, 3(4), 223–230, 2009.

[16] H. B. Salameh, "Spread spectrum-based coordination design for spectrum-agile wireless ad hoc networks",Journal of Network and Computer Applications,57, 192-201, 2015.

[17] T. Kang, X. Li, C. Yu, J. Kim, "A survey of security mechanisms with direct sequence spread spectrum signals",Journal of Computing Science and Engineering,7(3), 187-197, 2013.

[18] G. Katsaounis, O. Tsilomitrou, S. Manesis, "A Wireless Sensors and Controllers Network in Automation A Laboratory-Scale Implementation for Students Training", **IEEE 22nd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)**, 1067 – 1073, 16-19 June 2014.