

IP ÜZERİNDEN SES İLETİMİNDE HİZMET KALİTESİ

N. Özlem ÜNVERDİ¹ Erdem H. HAKİ²

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349, Beşiktaş, İstanbul

¹ e-posta: unverdi@yildiz.edu.tr ² e-posta: erdemhaki@hotmail.com.tr

Anahtar sözcükler : Ağ, VoIP, QoS

ÖZET

Bu çalışmada, internet üzerinden ses iletiminde hizmet kalitesini etkileyen unsurlar incelenmiştir. IP ağında yol alan bir ses paketinin maruz kalacağı etkenler çeşitli tekniklerle en aza indirilebilir. Belirtilen teknikler uygulamanın gerektirdiği koşullara ve ortam parametrelerine uygun olarak seçildiğinde ses iletiminde hizmet kalitesini artıracaktır. Çalışmada, bu teknikler teorik olarak açıklandıktan sonra pratik ortam koşullarına sahip test ortamında uygulamaları yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

İnternet protokolü üzerinden sesin taşınması, son yıllarda hızla yaygınlaşmıştır. Özellikle ekonomik açıdan çeşitli avantajlara sahip olan bu sistem, varolan internet altyapısını kullanması, katma değerli servisler verilebilmesi ve ek maliyet getirmemesi açısından şirketler için çok cazip bir ortam oluşturmaktadır.

VoIP, gerçek zamanlı paket iletimini gerektiren bir sistemdir. Bu sistemde, örneksel ses sinyalleri, sayısal hale dönüştürüldükten sonra IP paketleri haline getirilerek sayısal veri ağı üzerinden gönderilir. IP ağları, her bir paket için yönlendirme protokollerinin de yardımıyla kaynaktan hedefe doğru en uygun yolun bulunmasını sağlar. Bununla birlikte, belirli bir noktadan yola çıkan ses paketleri farklı yollar ve yönlendiriciler üzerinden geçtiği için, hedef noktaya ya gecikmeli ulaşır ya da yol üzerindeki hat problemlerinden dolayı hiç ulaşamaz. Kayıp ses paketlerinin alıcı tarafından tekrar istenmesi söz konusu olmadığı için hedef noktaya farklı zamanlarda ulaşan ses paketlerinin sıraya sokulması, birleştirilmesi ve tekrar analog ses sinyaline dönüştürülmesi gerekir.

VoIP sistemi kullanılırken iyi bir hizmet kalitesi sağlamak için veri ağı üzerinden düzensiz olarak gelen bu ses paketlerinin düzenli hale getirilmesi, gürültü ve gecikmelerden dolayı oluşan yankılardan arındırılması ve temiz ses sinyaline dönüştürülmesi garanti edilmelidir. Bu konudaki en büyük problem, VoIP cihazı üreten firmaların ürünleriyle VoIP

uygulamaları arasında tam bir uyum sağlanamamasıdır. Her ne kadar VoIP teknolojisine ilişkin bazı standartlar oluşturulmuşsa da, bu standartlar tüm gereksinimleri kapsamadığından her üreticinin kendisine özgü protokolleri ve farklı algoritmaları bulunur. Bu farklılıklar, dinamik bant genişliği dağıtımında, paket kayıplarının etkisinin azaltılmasında, uyarlamalı yankı önleme ve ses kalitesini yükseltmek amacıyla kullanılan konuşma işleme algoritmalarında kendisini gösterir [1]. Bir ağda uçtan-uca QoS sağlanabilmesi için ağ bileşenlerinin, üzerlerinden geçen veri akışına sürekli müdahalede bulunması ve kurallara uyulması konusunda zorlayıcı olması gereklidir.

Bu çalışmada, VoIP teknolojisi ışığında bir uygulama yapılmıştır. Çalışmanın 2. Bölümü'nde, IP üzerinden ses iletiminde hizmet kalitesini etkileyen teknikler teorik olarak incelendikten sonra özellikle sıkıştırma, kuyruklama ve rasgele erken tesbit (RED) yöntemlerinin etkileri incelenmiştir. 3. Bölüm'de, uygulama için, bilgisayar modellemesi yerine pratik ortam koşullarına sahip test ortamı kullanılmıştır. Test ortamı, ikişer adet Cisco IAD 2431 8FXS ağ geçidi, analog telefon ve FTP/HTTP sunucuları yüklü olan dizüstü bilgisayarlardan oluşmaktadır. Hat kullanımının izlenmesi için STG programı tercih edilmiştir. 4. Bölüm'de, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yorumlanmıştır.

2. VoIP UYGULAMALARINDA KULLANILAN HİZMET KALİTESİ TEKNİKLERİ

Bir ağda, farklı trafik çeşitleri için farklı performans karakteristiklerinden yararlanılır. QoS teknikleri bazı trafiklerin performansını artırırken diğerlerinin performansını azalttığı için uygulamaların ihtiyaçları mutlaka göz önünde tutulmalıdır. Dosya transfer uygulaması için, paketlerin gecikme süreleri ve iletim hızı önemli olmayabilirken, etkileşimli uygulamalar, sabit bir gecikme süresi ve iletim hızına ihtiyaç duyulabilir. Ağ performansını artırmak için uygulanan QoS teknikleri, bant genişliği, paket gecikmesi, jitter ve paket kayıpları üzerinde etkili olur.

2.1 BANT GENİŞLİĞİNE ETKİ EDEN QoS TEKNİKLERİ

Bant genişliği, iletişim kanalından bir saniyede geçmesi beklenen bit sayısı olarak tanımlanır. Bant genişliği konusunda sıkıştırma, çağrı izin kontrolü ve kuyruklama gibi QoS teknikleri kullanılır.

Sıkıştırma, iletilecek veri miktarının düşürülmesini sağlayarak, verinin iletilmesi için gereken bant genişliğini azaltır.

Çağrı izin kontrolü, ağın yeni bir ses çağrısına izin verip vermeyeceğine karar verir. Örneğin, ağda eş zamanlı üç G.729 VoIP çağrısının yapılmasına izin veriliyorsa, gelecek dördüncü çağrı ya reddedilir ya da varsa PSTN bağlantısı üzerine yönlendirilir. Böylece, belirlenen sayıdan fazla çağrı kurulması engellenerek çağrılar için kullanılacak olan bant genişliği sınırlandırılır.

Kuyruklama, hangi veri tipinin ne kadar bant genişliği kullanacağı konusunda etkilidir. Bu teknikte birden çok kuyruk yaratılarak gelen paketlerin belirli bir algoritma dahilinde farklı kuyruklara alınması sağlanır. Algoritmalar, belirli bir kuyruğa sabit bir bant genişliği garanti edebilir.

2.2 GECİKME VE JİTTERE ETKİ EDEN QoS TEKNİKLERİ

Ağdaki tüm paketler, gönderildikleri yerden gidecekleri yere ulaşıncaya kadar farklı gecikmelere maruz kalırlar. Ses iletiminde ne kadarlık bir gecikmenin kabul edilebileceği, ITU tarafından G.114'de açıklanmıştır. Bu değerler, Tablo-1'de görülmektedir.

Tek Yönlü Gecikme (ms)	Açıklama
0 - 150	ITU G.114'ün ses gecikmesi için önerdiği kabul edilebilir aralık
0 - 200	Cisco'nun ses gecikmesi için önerdiği kabul edilebilir aralık
150 - 400	ITU G.114'ün düşük kaliteli ses iletimi için önerdiği kabul edilebilir aralık
400+	ITU G.114'ün hiçbir durum için önermediği kabul edilemez aralık

Tablo-1 İzin verilen tek yönlü gecikme değerleri.

Gecikme ve jitter konusunda kuyruklama, parçalama ve yerleştirme ile sıkıştırma gibi QoS tekniklerinden yararlanır.

Kuyruklama, paketlerin düzenlenmesini ve gecikmeye duyarlı paketlerin, hatta diğer paketlerden önce verilmesini olanaklı kılar. Bunun için, ilk giren ilk

çıkarm (FIFO) mantığıyla çalışan tek bir kuyruk yerine, farklı öncelik değerlerine sahip farklı kuyruklar yaratılır ve paketlerin karakteristiklerine uyan kuyruklara girmesi sağlanır. Bunun sonucunda bazı paketler hatta daha çabuk verilirken, bazıları daha uzun süre beklemek zorunda kalır.

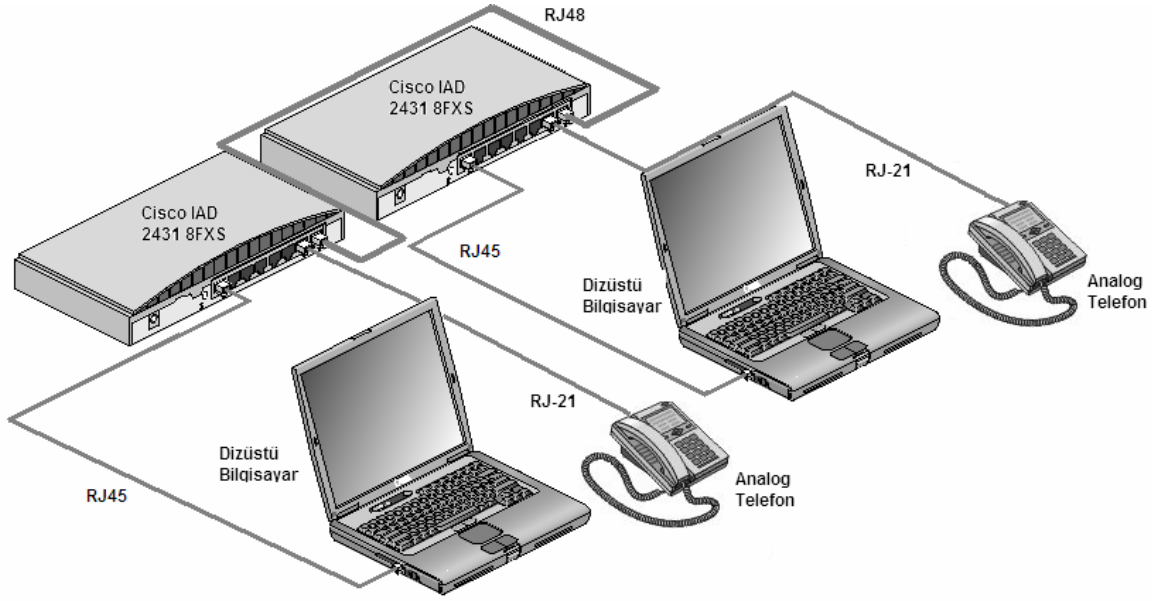
Bir paketin hatta verilmesi için gerekli olan süre, hat hızının ve paket boyutunun bir fonksiyonudur. Ağ geçitleri bir paketin ilk bitini göndermeye başladıktan sonra, paketin tüm bitleri gönderilinceye kadar bu işlemi sürdürür. Bu nedenle, büyük bir paket gönderilmeye başlandıktan sonra gecikmeye duyarlı bir paket gelmesi durumunda, bu paket uzun süre beklemek zorunda kalır. Bunu önlemek için kullanılan Hat Parçalama ve Yerleştirme (LFI) sayesinde, birinci paket parçalara bölünür ve parça parça iletilir. İlk parçanın hatta verilmesinden sonra gecikmeye duyarlı ikinci paket araya sokulur ve daha kısa süreli gecikmeye maruz kalarak iletilmesi sağlanır. Bu sayede, ikinci paket, birinci paketin tamamının iletilmesini beklemek zorunda kalmadan, sadece birinci paketin ilk parçasını bekler.

Sıkıştırma yardımıyla paket ya da paket başlıkları daha az bitle temsil edilen veriler haline dönüştürülür. Sıkıştırma, dizilim gecikmesini azaltmakla birlikte paketlerin sıkıştırılması ve açılması için belirli bir işlem yükü gerektirdiği için toplam gecikme artabilir. Bu nedenle, gecikme konusunda sıkıştırma tekniği kullanılırken iyi hesap yapılmalıdır.

2.3 PAKET KAYBINA ETKİ EDEN QoS TEKNİKLERİ

Günümüzde bit hataları nedeniyle yaşanan paket kayıpları oldukça azalmış ve oranı milyarda bir'den daha düşük seviyelere inmiştir. Yaşanan paket kayıplarının çok büyük bir kısmı, tamponların ve kuyrukların dolması nedeniyle meydana gelir. Bant genişliğinin artırılması, paketlerin daha hızlı iletilmesini ve kuyrukların daha zor dolmasını sağlayarak paket kayıplarının azaltılmasında etkili olmakla beraber, ses, görüntü ve verilerin birlikte bulunduğu ağlarda yine de bazı kalite problemlerinin oluşmasını engelleyemez. Paket kaybı konusunda rasgele erken tesbit (RED) ve kuyruklama gibi QoS teknikleri kullanılır.

RED, TCP iletim kontrol protokolünün çalışma karakteristiğinden yararlanarak işlevini yerine getirir. TCP, alıcı taraftan onay gelmeden önce ne kadar verinin gönderilebileceğini tanımlayan pencereleme protokolünü kullanır. Her TCP bağlantısı için kullanılan ve bağlantıya özgü olan TCP pencereleri birçok unsura bağlı olarak artıp azalabilir. RED'in çalışma mantığı, kuyruk dolmadan önce TCP bağlantılarının pencere boyutunun küçültülmesi ve iletilecek toplam veri miktarının azaltılarak kuyruğun taşmasının engellenmesine dayanır. RED, kuyruk çok dolu olmadığı sürece devreye girmez ve iletilen



Şekil-1 Uygulama ortamı.

toplam veri miktarının azaltılması yönünde herhangi bir etkide bulunmaz. Bu durumda, RED, kuyruğun sonunu kontrol eden bir mekanizma olarak düşünülebilir.

Kuyruklama tekniği, paket kayıplarının önlenmesi de dahil olmak üzere çok sayıda sorunun çözümünde kullanılır. Paket kayıpları, kuyruklar dolduğunda oluştuğu ve kuyruklama yöntemleri genelde sadece kuyruk boyutunun ayarlanmasına izin verdiği için, yapılabilecek tek şey, kuyruk boyutlarıyla oynamaktır. Ayarlar sırasında, büyük boyutlu kuyrukların paket kayıplarını azaltırken kuyruklama gecikmesini artırdığı unutulmamalıdır. Uzun kuyrukların kullanılması, gecikmeye duyarlı trafikler için sorun yaratır, ancak, paket kaybına duyarlı trafikler için iyi çalışabilir. Bu nedenle, gecikmeye duyarlı trafiklerin, az gecikme sağlayan, ancak, kayıp riski yüksek olan kısa kuyruklara, paket kaybına duyarlı trafiklerin de, az kayıp sağlayan, ancak, çok gecikme yaratabilecek uzun kuyruklara sokulması gerekir [2].

3. TEST ORTAMI ve UYGULAMA

Uygulamaların gerçekleştirileceği test ortamı, ses iletimi için özel olarak imal edilmiş iki adet Cisco IAD 2431 8FXS ağ geçidi, üzerinde FTP ve HTTP sunucu ile hat kullanımının izlenmesi için kullanılan STG programı çalışan iki adet dizüstü bilgisayar, iki adet analog telefon ve bu cihazların birbiriyle haberleşmesi için gerekli olan kablolarından oluşmaktadır. Test ortamının temsili gösterilimi Şekil-1’de görülmektedir.

Ağ geçitlerine ANKARA ve İSTANBUL olarak isim verilmiş ve aradaki hat hızı 128 Kbps olarak ayarlanmıştır. Uygulamada, sıkıştırma, kuyruklama ve

rasgele erken tesbit (RED) teknikleri kullanılmıştır [3].

3.1 SIKIŞTIRMA

Uygulamada kullanılan RTP başlık sıkıştırma tekniği, Şekil-2’de gösterilen ses paketinin IP/UDP/RTP kısmına etki etmektedir.

20 Bytes	8 Bytes	12 Bytes	20-160 Bytes
IP	UDP	RTP	Ses Paket Yüktü

Şekil-2 Ses paketinin yapısı.

Test sırasında 128 kbps hızındaki noktadan noktaya bağlı hat üzerinden G.711 codec kullanılarak bir adet çağrı kurulmuştur. Bu çağrı için hattan geçen ses trafiğinin harcadığı teorik bant genişliğinin sıkıştırma öncesi ve sonrasındaki değerleri Tablo-2’de verilmiştir. Bu sonuçlar,

$$\text{Toplam Paket Boyutu} = \text{Ses Paket Yüktü} + \text{IP/UDP/RTP(veya cRTP)} + \text{L2 Başlığı} \quad (1)$$

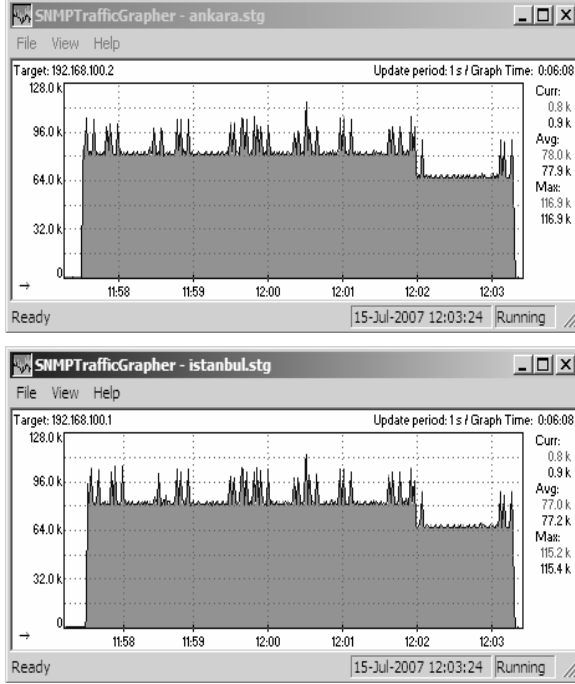
$$\text{Toplam Bant Genişliği} = \frac{\text{Ses Bant Genişliği} + \text{Toplam Paket Boyutu}}{\text{Ses Paket Yüktü}} \quad (2)$$

eşitlikleri kullanılarak da hesaplanabilir.

Aynı çağrı için hattan geçen ses trafiğinin harcadığı pratik bant genişliğinin sıkıştırma öncesi ve sonrasındaki değerleri, Şekil-3’deki STG çıktısından görülmektedir. Test ortamında RTP başlık sıkıştırılmasının yapılmadığı durumda, pratikte iletilmesi gereken veri miktarı, ortalama 83 Kbps olarak görülürken, RTP başlık sıkıştırmasından sonra iletilmesi gereken veri miktarı, ortalama 68 Kbps olmuştur.

Codec	Ses Bantgenişliği	Ses Paketi Y¼k¼	Ses Paketi Boyutu	IP/UDP/RTP Başlığı	cRTP	L2 Başlığı (Ethernet)	Toplam Bantgenişliği
g.711	64 Kbps	160 Bytes	20 ms	40 Bytes		14 Bytes	85,6 Kbps
g.711	64 Kbps	160 Bytes	20 ms		2 Bytes	14 Bytes	70,4 Kbps

Tablo-2 G.711 codec'inin teorik başarım değerleri.



şekil-3 G.711 codec'inin pratik başarım değerleri.

3.2 KUYRUKLAMA VE RED

Bu uygulamada, ses paketlerine öncelik verilerek ayrı bir kuyruktan hatta girmeleri sağlanmıştır. Kullanılan algoritmalar, belirli bir kuyruğa sabit bir bant genişliği garanti eder. Test sırasında, sesin taşındığı RTP trafiğine 58 Kbps ve sinyalleşmesine de 8 Kbps ayrılmıştır. Geri kalan 62 Kbps bantgenişliği diğer veri trafikleri tarafından kullanılmıştır.

Hattı doldurmak ve kuyruklamanın oluşmasını sağlamak için farklı trafikler ¼retilmiřtir. Öncelikle ANKARA ağ geçidine bağlı telefondan İSTANBUL ağ geçidine bağlı telefon aranmış ve SIP protokol¼ üzerinden G.711 codec kullanılarak bir çağrı kurulmuştur. Ardından İSTANBUL tarafındaki bilgisayardan WANKiller programı yardımıyla ANKARA ağgeçidine doğru 1500 byte'lık paketler gönderilmeye başlanmıştır. Ayrıca bilgisayarlarda FTP sunucusu ¼alıřtırılarak karşılıklı olarak dosya transferi başlatılmıştır. Son olarak ANKARA tarafındaki bilgisayar ile üzerinde http sunucusu ¼alıřan İSTANBUL tarafındaki bilgisayara bağlanılarak avi dosyası oynatılmıştır. Bu sırada daha önceden belirlenen kriterlere göre paketlerin yakalanıp doğru kuyruklara verilip verilmediğine

bakılmıştır. Aşağıdaki ¼ıktıda, yapılan görüşmede iletilen paketlerin *voice - traffic* ve *voice - signaling* kuralları tarafından yakalandığı ve bu kuyruklarda paket kaybı yaşanmadığı, ses içermeyen trafiklerin ise *class - default* kuralına takıldığı ve paket kayıplarının oluştuğu gör¼lmektedir:

```

ISTANBUL#sh policy-map interface multilink 1
Multilink1

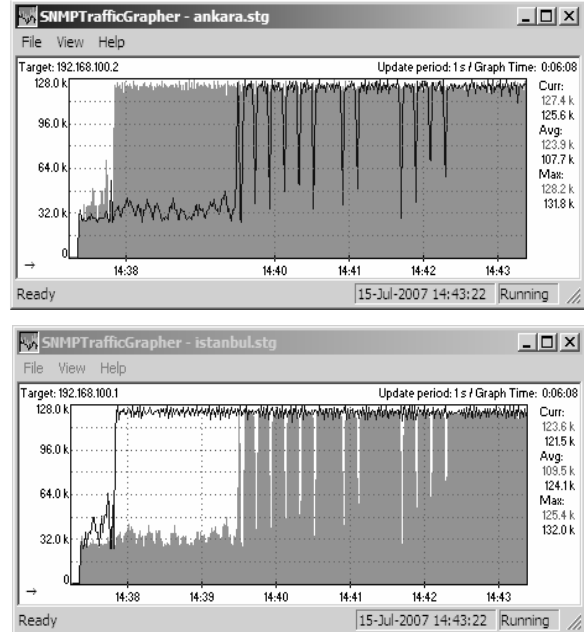
Service-policy output: VOICE-POLICY

Class-map: voice-traffic (match-all)
5949 packets, 368838 bytes
5 minute offered rate 24000 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group 102
Queueing
Strict Priority
Output Queue: Conversation 40
Bandwidth 58 (kbps) Burst 1450 (Bytes)
(pkts matched/bytes matched) 5949/368838
(total drops/bytes drops) 0/0

Class-map: voice-signaling (match-all)
27 packets, 5943 bytes
5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group 103
Queueing
Output Queue: Conversation 41
Bandwidth 8 (kbps)Max Threshold 64 (packets)
(pkts matched/bytes matched) 27/5943
(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

Class-map: class-default (match-any)
3574 packets, 1914190 bytes
5 minute offered rate 59000 bps, drop rate 20000 bps
Match: any
Queueing
Flow Based Fair Queueing
Maximum Number of Hashed Queues 32
(total queued/total drops/no-buffer drops) 65/440/0

```



şekil-4 Tıkanklık yaşanan hatta RED'in etkisi.

Hattın kullanım durumunu gösteren Şekil-4'deki STG çıktısında, hatta tıkanmaların yaşandığı izlenmektedir. Bu grafikteki çentik şeklindeki çizgiler, RED mekanizmasının çalıştığını ve kuyruklar dolmaya başladığında bazı TCP paketlerinin atılarak bu TCP bağlantılarının yavaşlamasının sağlandığını göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, VoIP teknolojisinin çalışma mekanizması ışığında test ortamında uygulama yapılmış, sesin iletiminde kalitenin artırılması için sıkıştırma, kuruklama ve rasgele erken tesbit (RED) yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Hizmet kalitesinin sağlanması için kullanılan teknikler, bir veya birkaç veri tipi için olumlu yönde etkili olurken, diğerlerini olumsuz etkiler. Temelde yapılan işlem, varolan kaynakların bilinçli bir şekilde paylaşılmasını sağlar. Bu çalışmada da durum bundan farklı değildir. Her tekniğin olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Sıkıştırma, iletilecek veri miktarını azaltır, ancak, paketlerin sıkıştırılması ve açılması için belirli bir işlem yükü gerektirdiği için toplam gecikmeyi artırabilir. Aynı durum, kuyruklaşma için de geçerlidir; şöyle ki, birden çok kuyruk

yaratarak verileri bu kuyruklara dağıtmak, öncelikli kuyruklardaki paketlerin hızlı iletilmesini sağlarken, diğer taraftan diğerlerinin gecikmeye maruz kalmasına neden olur. Rasgele erken tesbit yöntemi (RED) de trafik tipine göre bazı trafiklerin paket kaybına maruz kalmaması için diğerlerinin paketlerini bilinçli olarak kuyruktan atar. Bu nedenlerden dolayı, iletişimde öncelik verilecek olan veri tiplerinin belirlenmesi ve bu verilere uygun QoS tekniklerinin seçilmesi sırasında uygulamanın ağdaki toplam trafığe etkisi incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Haki E. H., *İnternet Protokolü Üzerinden Ses İletiminde Hizmet Kalitesinin Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [2] Odom W., Cavanaugh M. J., *Cisco DQOS Exam Certification Guide*, Cisco Press, Indianapolis, 2004.
- [3] VoIP over PPP Links with Quality of Service (LLQ / IP RTP Priority, LFI, cRTP), Document ID: 7111. (http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094660.shtml)