

Ölçeklenebilir Video Sıkıştırma Mekanizmalarının Uyarlama İşleminde Kullanımı Üzerine Bir Çalışma

Aylin Kantarcı
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir
aylin.kantarci@ege.edu.tr

Özetçe

Ölçeklenebilir video sıkıştırma teknikleri, videonun farklı kalitelere sahip alt akışlar içeren tek bir akış halinde kodlanmasını sağlarlar. Ölçeklenebilir videoların kullanılması, uyarlama işleminde ağırlık yüküne bağlı olarak alt akışlar arasında kolayca geçiş yapış yapabilmeyi sağlayarak video akıtım sistemlerinin tasarımını ve geliştirimini kolaylaştırır. Bu makalede, uyarlama işleminde ölçeklenebilir videoların kullanımını incelemek amacıyla geliştirilen bir video akıtım sistemi tanıtılmış ve sistemin başarımını gösteren deney sonuçları sunulmuştur.

Abstract

Scalable video coding provides the compression of a video sequence into a single stream consisting of several substreams with different qualities. The ability of simply switching among the substreams of a video stream during rate adaptation makes it easier to design and implement video streaming systems that employ scalable videos. In this paper, a streaming system developed to investigate the usage of scalable videos in rate adaptation process has been introduced and its performance results have been presented.

1. Giriş

Günümüzde elektronik ticaret, uzaktan eğitim, sayısal kütüphaneler ve telekonferans sistemleri gibi bir çok iletişim uygulaması, bir servisçide depolanmış videoların bir ya da birçok kullanıcıya gerçek zamanlı olarak iletimini gerektirir. Gerçek

zamanlı video akıtımı birçok açıdan yüksek düzeyde karmaşıklığa sahiptir. Örneğin; videonun sürekli oynatımı, belli bir servis kalitesinin uçtan uca sağlanmasını gerektirir. Ancak, iletim sırasında kanal kapasitesinin, bağlantı türü ve o andaki ağ trafiğine bağlı olarak değişkenlik göstermesi servis kalitesini olumsuz etkiler. Bunun yanı sıra, istemci uç birimleri bellek miktarı, ekran büyüklüğü gibi çeşitli unsurlarda farklılık gösterirler. Bu nedenle çeşitli kısıtların aşılıp ağ ortamındaki çok çeşitliliğin desteklenmesi için, akıtım protokolleri, özellikle de sıkıştırma mekanizmaları tasarlanırken bu konuların dikkate alınması gerekir.

Genel olarak, sıkıştırma algoritmaları sıkıştırma sırasında çerçeve hızı, çözünürlük ve sıkıştırma hızı gibi parametreleri sabit tutarlar. Bu yaklaşım, pek çok yönden esneklikten uzaktır. Örneğin, kanal kapasitesi 4 Mb/s olan bir ağda bir kullanıcının 8 Mb/s lik bir hızında sıkıştırılmış bir videoyu izlemek istemesi gecikme, sıkışıklık gibi sorunlar yaratır. Tüm videonun iletim sırasında 4 Mb/s lik bir videoya dönüştürülmesi çok yüksek işlem gücü gerektirir. Videonun değişik kalitelere sahip sürümlerinin oluşturulup diskte saklanması ise hem disk ihtiyacını artırması hem de iletim sırasında farklı sürümler arasında geçiş yapma işleminin zahmetli bir işlem olmasından dolayı tercih edilen bir yaklaşım değildir. Bunların yanı sıra, kullanıcılardan gelen videoyu farklı çerçeve hızında ya da çözünürlükte oynatma gibi istekler video üreticisinin işini daha da zorlaştırır [1].

Son yıllarda, ölçeklenebilir video sıkıştırma yaklaşımları gerçek zamanlı video iletimine ucuz ve esnek bir çözüm getirdikleri için büyük bir önem kazanmışlardır. Ölçeklenebilir video sıkıştırma teknikleri, videonun bir defa sıkıştırılarak tek bir sürüm üzerinden farklı kalitelere oynatılabilmesini mümkün kılarlar. Bu yaklaşım, kullanıcının seçtiği servis türüne bağlı olarak videonun farklı kalite ve bit hızlarında gönderimini sağladıkları için oldukça avantajlıdır.

Ölçeklenebilir olmayan video sıkıştırıcıları, tek bir video akışı üretirken, ölçeklenebilir yaklaşımlar bir videoyu katmanlar halinde sıkıştırırlar. Bu katmanlardan biri diğer katmanlardan bağımsız olarak çözülerek oynatılabilen, en düşük video kalitesine sahip *taban* katmandır. Diğer katmanlar, çözülebilmek için alt katmanlara ve taban katmana ihtiyaç duyan ve daha yüksek kalite sağlayan *zenjinleştirici* katmanlardır. Tüm video dizisi ise en yüksek kaliteyi sağlar [1].

Gerçek zamanlı video iletimi ile ilgili diğer bir önemli konu, ağdaki sıkışıklıklar sırasında yaşanan kayıp ve gecikmelere uygun tepki verilmesi gerekliliğidir. Video akıtım sistemleri genel olarak iletim sırasında ağın durumunu izleyip sıkışıklığın belirlenmesi halinde video bit hızının ağ bant genişliğine indirilmesini sağlayan uyarlama işlemini başlatırlar. Son yıllarda uyarlama işlemi endüstri ve akademik dünyanın önem verdiği konular arasında yer almaktadır [2].

Ölçeklenebilir video sıkıştırma algoritmaları, uyarlama işlemi için pratik bir çözüm sunarlar. Ölçeklenebilir videoların kullanıldığı sistemlerde, sıkışıklığın ortaya çıkışıyla birlikte daha düşük bit hızında bir alt akış seçilerek ağa gönderilir. Tek bir akışın alt akışları arasında geçiş yapmak, videonun farklı kalitelereki sürümleri arasında geçiş yapmaktan çok daha kolaydır [3].

Bu konu ile ilgili önemli bir nokta, uyarlama işlemi için en uygun alt akışın ne şekilde seçileceğidir. Her bir alt akış; *zamansal*, *uzamsal* ve *kalite(SNR)* boyutlarına sahip üç boyutlu ölçeklenebilirlik uzayında bir noktaya karşılık gelir. Her bir ölçeklendirme boyutu farklı bir bozuluma neden olur. İzleyicinin algıladığı görsel kaliteyi arttırmak için en uygun alt akışın seçimi sırasında video içeriği önemli ip uçları

sağlayabilir. Örneğin, hareketli sahnelerde çerçeve içerikleri hızla değiştiği için detayların kısa sürede algılanması zor olacaktır. Bu nedenle kalite boyutunda ölçeklendirmeye gidilerek detaylardan fedakarlık yaparak bit hızını düşürmek daha anlamlıdır. Hareket yoğunluğunun düşük olduğu sahnelerde ise ardışık çerçevelerin içeriği yüksek oranda benzerlik gösterdiği için detaylar hareketli sahnelere göre daha çabuk göze çarpar. Bu durumda, çerçeveler birbirine benzediği için zamansal ölçeklendirme yaparak bazı çerçevelerin düşürülmesi, algılanan kalitede önemli bozulmalara yol açmayacaktır [3].

Bu çalışmanın hedefi, uyarlama probleminde ölçeklenebilir video sıkıştırmanın ne şekilde kullanılabileceğinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda ölçeklenebilir videoların akışlandırılmasını sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemin başarımı, değişik ağ koşullarının benzetiminin yapıldığı deneylerle ölçülmüştür. Sistem, ağın durumu ve istemciye tampon sahanın doluluğunu dikkate alarak uyarlama işlemini gerçekleştirir. Uyarlama sırasında en uygun ölçeklenebilirlik boyutunu seçmek üzere video sahnelerinin hareket dinamikleri göz önüne alınmaktadır.

Sistemdeki videolar, gelecekte çok popüler olması beklenen H.264 sıkıştırma algoritmasının ölçeklenebilir sürümü kullanılarak sıkıştırılmıştır [4]. MPEG-2 ve MPEG-4 gibi gelişimlerini tamamlamış sistemler bir dereceye kadar ölçeklenebilirlik desteği sağlarlar. Ancak ölçeklenebilir H.264 algoritmasının sağladığı ölçeklenebilirlik olanakları, mevcut sıkıştırıcıların sağladığı olanaklardan çok fazladır. Örneğin, MPEG-2 algoritması 2 yada 3 katmandan daha fazlasını destekleyemez. Bunun nedenleri MPEG-2 kapalı döngülü mimariye sahip olduğu için karmaşıklığın yüksek oluşu ve her katmanda kullanılması gerekli olan hareket tahminleme döngüsünün katman sayısı arttıkça büyük yük getirmesidir. MPEG-4 algoritmasının sağladığı İnce Taneli Ölçeklendirme (Fine Grain Scalability – FGS) aracı ise en düşük kaliteli taban katmanının dikkate alarak hareket tahminleme yaptığı için sıkıştırma etkinliğinin düşmesine neden olur. Bu nedenle, MPEG-2 ve MPEG-4 sıkıştırıcılarının ölçeklendirme olanakları pratikte tercih edilir olmamıştır [5, 6]. Açık döngülü

mimariye sahip, en ileri sinyal işleme olanakları ile donatılmış ölçeklenebilir H.264 sıkıştırıcısı, geçmiş standartların yukarıda dile getirilen dezavantajlarını ortadan kaldırarak gerçek anlamda ölçeklenebilirlik sergiler [7, 8]. Bu nedenle, bu çalışmanın amaçları göz önüne alındığında, ölçeklenebilir H.264 algoritmasının, rakipleri arasında en üstünü olduğu görülmektedir.

Bu makale şu şekilde düzenlenmiştir. 2. Bölümde geliştirilen sistem tanıtılmaktadır. 3. bölümde deney sonuçları verilmektedir. 4. bölümde ise sistem hakkında yorumlar yapılmaktadır.

2. Geliştirilen Sistem

Videoların akıtımından sorumlu bir servisçi ve videoları oynatmaktan sorumlu istemcilerden oluşan sistemin mimarisi Şekil 1'de verilmektedir. Videolar [9]'da belirtilen kurallar dikkate alınarak paketlere ayrılmakta, RTP protokolü kullanılarak bire yayım mekanizması ile istemcilere gönderilmektedir. BAŞLA, DUR gibi kontrol mesajları ve istemciden gelen tampon saha doluluğuna ilişkin bildirimler için UDP protokolü kullanılmaktadır.

İstemci ve servisçi modülleri POSIX.4a çok işparçacıklı programlama kütüphanesi ve POSIX.4 gerçek zamanlı programlama kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur. Çok işparçacıklı mimari paralellik ve eşzamanlılık desteği sağlayarak sistemin başarımını artırır. POSIX.4 gerçek zamanlı programlama kütüphanesi ise nanosaniye seviyesinde saat çözünürlüğü, kullanıcı sahası seviyesinde dosyaların belleğe eşleştirilmesi ve eşzamanlama olanakları ile uygulamanın gerçek zamanlılığına katkıda bulunmaktadır.

İstemciden gelen bir video isteği ile istemci ve servisçi arasında bir RTP oturumu oluşturulur. Servisçide RTP paketlerinin gönderiminden sorumlu bir iş parçacığı yaratılır. İstemcide yaratılan bir iş parçacığı aldığı RTP paketlerini bir tampon sahaya yerleştirir. İstemcideki diğer bir iş parçacığı da oynatış hızına uyumlu olarak tampon sahadaki paketleri alır, birleştirir ve açarak oynatır.

Servisçi yazılımının önemli bir elemanı *Servis Kalitesi Yöneticisi* modülüdür. Bu modül, ağın durumuna ilişkin Servis kalitesi parametrelerini ve

istemciden gelen tampon saha doluluğu bildirimleri toplamak ve değerlendirmekten sorumludur. Ağın durumuna ilişkin istatistikler istemciden gönderilen RTCP paketleri ile toplanır. RTCP raporlarındaki kayıp oranı sahası ağın sıklık düzeyi hakkında bilgi vermektedir. Servis kalite yöneticisi Çizelge 1'i kullanarak sıklık seviyesini belirler ve uygun uyarılama işlemini başlatır. Ağın YÜKSÜZ olduğu durumda daha yüksek kaliteli bir alt akışa geçilir. Ağ yükünün HAFİF olduğu durumda herhangi bir işlem yapılmaz. ORTA seviyede sıklık olduğu durumda ağ yükünü hafifletmek için daha düşük bant genişliği ihtiyacına sahip bir alt akışa geçilir. Sıklığın YÜKSEK seviyede olduğu durumda kalitenin daha yüksek bir oranda düşürülmesini sağlayan bir alt akışa geçilir. Sıklık CİDDİ ise en düşük bant genişliği ihtiyacı olan en düşük kaliteye sahip taban katmanı gönderilir.

Çizelge 1. Sistemde Kullanılan Sıklık Sınıfları

Sıklık Sınıfı	Düzgünleştirilmiş Kayıp Oranı
YÜKSÜZ	[%0-%2)
HAFİF	[%2-%5)
ORTA	[%5-%15)
YÜKSÜZ	[%15-%30)
CİDDİ	[%30-..)

Tampon saha istatistikleri ise istemciden gelen tampon saha bildirimleri ile toplanır. Tampon saha doluluğu, video akıtım sistemlerinin başarımına ilişkin önemli göstergelerden biridir. Tampon sahanın boşalması oynatış sırasında duraklamalara ve izleyici memnuniyetsizliğine yol açar. Tampon sahadaki boşalmalar, ağ yükünün yüksek olmasından dolayı ortaya çıkan gecikmeler sonucu tampon sahaya paketler giriş hızının oynatıcı iş parçacığının tampon sahadaki paketleri tüketme hızından daha küçük hale gelmesi nedeniyle olur. Bu nedenle tampon saha kontrolünden sorumlu iş parçacığı tampon sahada 10 saniyelik bir süreden az video kaldığında servisçiye boşalma tehlikesi olduğunu bildirir. Servisçi de ağ yükünü düşürerek gecikmeleri azaltmak için daha düşük kalitede bir alt akış göndermeye başlar. Bu şekilde tampon saha boşalmalarının önüne geçilmeye çalışılır.

Mevcut bellek miktarının kısıtlı olduğu durumlarda gönderim hızının oynatış hızından daha yüksek olmasından kaynaklanan tampon saha

taşmaları da önemli bir sorundur. Bu nedenle, istemcide tampon saha kontrolünden sorumlu iş parçacığı tampon sahada 30 saniyeden daha uzun süreli videonun birikmesi durumunda servisçiye taşıma tehlikesini bildiren bir mesaj gönderir. Servisçi 5 saniye boyunca paket gönderimini durdurarak tampon saha doluluğunu 30 saniyenin altına düşürmeye çalışır.

Servis kalitesi yöneticisinin önemli bir işlevi uyarılma sırasında en uygun alt akışı seçerken video bölütlerinin hareket dinamiğini göz önüne almaktır. İçeriğin hızla değiştiği sahnelerde SNR ya da uzamsal ölçeklendirme algılanan kalitede zamansal ölçeklendirmeden daha düşük bir bozuluma yol açarken durağan sahnelerde zamansal ölçeklendirme daha düşük bozulumlara yol açar.

Sisteme yeni bir video eklendiğinde, videonun hareket dinamiği aşağıdaki ölçütler dikkate alınarak analiz edilir. Analiz sonuçları, video akıtım işleminde kullanılmak üzere bir meta dosyada saklanır.

1. Bir bölütteki I kodlanmış makro blok yüzdesinin %20'yi aşması durumunda sahneye yeni nesnelere katıldığı, mevcut nesnelere hızla sahneden ayrıldığı varsayılır. Bu durumda sahnenin hareket dinamiğinin yüksek olduğuna karar verilir. Bu tür sahneler için SNR ya da uzamsal ölçeklendirme daha uygundur.

2. Bir bölütteki B ve P bloklarının %45'i birden fazla çerçeve baz alınarak tahminlenmişse bu bölütün hareket yoğunluğunun düşük olduğuna karar verilir. Bu tür sahneler için zamansal ölçeklendirme daha uygundur.

3. Diğer durumlarda sahnede orta seviyede hareket olduğu varsayılır. Bu tür bölütler için tüm ölçeklendirme boyutları dengeli bir şekilde kullanılarak uyarılma işlemi gerçekleştirilir.

Üstteki ölçütlerde kullanılan eşik değerleri bir kaç videoyu izleyerek ve literatürdeki benzer çalışmaları dikkate alarak belirlenmiştir [10]. Geliştirilen sisteme ait daha detaylı bilgi [11] den edinilebilir.

3. Deney ve Başarım Sonuçları

İstemci ve servisçi yazılımcıları SUN Sparc iş istasyonu üzerinde geliştirilmiştir. İki iş istasyonu arasına yönlendirici görevini üstlenen bir PC yerleştirilmiştir. Bu PC'ye yüklü CLOUD™ yazılımı verilen bir gecikme ve kayıp örüntüsüne bağlı olarak paketlerin düşürülmesini sağlayarak bir WAN ortamının benzetiminin yapılmasını sağlar. Sistemde kullanılan videonun özellikleri Tablo 2' de verilmektedir. Tabloda FGS katmanlarının bant genişliği ihtiyacının diğer katmanlarından daha yüksek olduğu göz çarpmaktadır.

Sistemin başarımı, aşağıdaki servis kalitesi ölçütleri kullanılarak ölçülmektedir:

1. *Kayıp istatistikleri:* Bu bölümlerdeki grafiklerde sunulan kayıp istatistikleri düzenli olarak istemciden servisçiye gönderilen RTCP alıcı raporlarındaki "kayıp oranı" sahasından elde edilmiştir. Bu saha son gönderilen RTCP raporundan sonra gönderilen paketler dikkate alarak hesaplanır. Servisçi kayıp istatistiklerini alçak geçiren bir filtre ile düzleştirilerek anlık kayıplardan kaynaklanan gereksiz uyarılma işlemlerinin başlatılmasını engeller.

2. *Tampon saha istatistikleri:* Oynatış sırasında duraklamalara neden olarak izleyicilerin rahatsız olmasına sebep olan tampon saha boşalmaları nedeniyle tampon saha istatistikleri önemli kalite ölçütlerindedir. Tampon boşalmalarının sıklığı ön tamponlama süresi, video dizisinin bit hızı ve mevcut bant genişliği olanaklarına bağlıdır. Deneylerde duraklamalara sebep olmayan en küçük ön tamponlama süresinin 6 sn. olduğu gözlenmiştir.

Tampon saha istatistikleri aynı zamanda ağdaki iletim gecikmeleri hakkında da bilgi verdikleri için önemlidirler. Sürekli olarak ağdaki gecikmeyi ölçmek servisçiye yük getiren, pratik olmayan bir işlemdir. Diğer taraftan, deneyler sırasında gecikmelerin yüksek olduğu aralıklarda tampon saha doluluğunun düşüş olasılığının yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

3. *Görsel kalite ölçütleri:* Bu bölümde verilen grafiklerde yer alan *Katman, Zamansal Seviye ve FGS katmanı* istatistikleri algılanan kaliteye ait

önemli ipuçları vermektedir. Katman istatistiği uzamsal ve kalite ölçeklendirmelerine, Zamansal seviye zamansal ölçeklendirmeye, FGS katmanı da kalite ölçeklendirmesine karşılık gelmektedir.

Bunlara ek olarak algılanan kalite için isimli yeni bir ölçüt geliştirilmiştir. Mevcut algılanan kalite ölçütleri [12] arasında en güvenilir olan VQM ölçütü aynı zaman da en yüksek matematiksel karmaşıklığa ve işlem gücü ihtiyacına sahip ölçüttür. En basit ölçüt olan SNR parametresi ise paket kaybının olduğu düşük bit hızları için verimle değildir. Ayrıca, sadece rengin parlaklık elemanını dikkate aldığı için görme sistemimizin özelliklerine uygun değildir. En önemlisi, hareketli ve durağan sahnelerde aynı SNR değerleri aynı görsel kaliteye karşılık gelmez. Bu nedenle, bu çalışmada tüm ölçeklendirme boyutlarına hareket dinamiklerine göre ağırlık vererek hesaplanan *AlgılananKalite İndeksi* adlı yeni ve pratik bir ölçüt önerilmektedir.

$$\text{Anlık_AlgılananKalite} = a_k * \text{Katman} + a_z * \text{ZamansalSeviye} + a_{fgs} * \text{FGS_Katmanı} \quad (1)$$

$$\text{Eniyi_Olası_Kalite} = a_k * \text{KatmanSayısı} + a_z * \text{ZamansalSeviyeSayısı} + a_{fgs} * \text{FGS_KatmanıSayısı} \quad (2)$$

$$\text{AlgılananKalite_İndeksi} = \frac{\text{Anlık_AlgılananKalite}}{\text{Eniyi_Olası_Kalite}} \quad (3)$$

(2) ve (3) te verilen a_k , a_z ve a_{fgs} değerleri hareket dinamiklerini uygun ölçüde işleme almak için kullanılan ağırlık değerleridir. Hareket yoğunluğunun yüksek, normal ve düşük olduğu durumlarda bu parametreler için uygun görülen değerler Çizelge 2'de verilmektedir. Ağırlıklar, zamansal ölçeklenebilirlik boyutuna dinamik sahnelerde en yüksek payı verirken durağan sahnelerde en düşük payı verecek şekilde belirlenmiştir. Hareketin orta seviyede olduğu sahnelerde tüm ölçeklenebilirlik boyutlarına dengeli şekilde ağırlık verilmiştir.

Gerçekleştirilen sistem birçok ağ senaryosu altında çeşitli testlerle denenmiştir. Bu deneylerden üçüne ait başarımlar sonuçları alt bölümlerde verilmektedir.

Çizelge 2. Algılanan kalite için ağırlık değerleri

Hareket	a_k	a_z	a_{fgs}	Toplam
Yüksek	0.15	0.7	0.15	1.0
Düşük	0.35	0.3	0.35	1.0
Orta	0.25	0.5	0.25	1.0

3.1 Hiçbir kısıtlamanın bulunmadığı durumda sistem başarımı

Bu deneyde bant genişliğinin yeterli olduğu en iyi durum için benzetim yapılmıştır. Gönderilen paketler gecikme ve kayıplara uğramadıkları için sadece istemciye tampon sahanın durumu uyarlama kararlarında etkili olmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi akıtım (Katman=2, Zamansal Seviye=2, FGS katmanı=0) alt akışı ile başlamış, zaman içinde RTCP raporlarından sıkışıklık göstergesi alınmadığı için daha yüksek kaliteye sahip alt akışlara geçilmiştir. Video kalitesi yükselmesi ile birlikte ağ yükü ve buna bağlı olarak iletişim gecikmelerinin artmasından dolayı istemciye tampon saha seviyesinin düştüğü gözlenmiştir. Video kalitesi en yüksek düzeye ulaştıktan bir süre sonra yüksek iletim gecikmeleri ile tampon saha doluluğu alt eşik değerinin altına düşmüştür. İstemci tampon saha boşalmasını yavaşlatmak için tampon sahadan tüketiş ve oynatış hızını %10 oranında düşürmüştür. Servisçi de ağır durumu uygun olduğu için gönderim hızını %10 arttırarak tampon saha seviyesini yükseltmeye çalışmıştır. Ancak tampon saha seviyesinde düşüş devam etmiş, servisçi t=130 sn. de FGS katmanlarından birini düşürerek tepkide bulunmuştur. FGS katmanları diğer katmanlardan çok daha yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyduğu için bir FGS katmanının düşürülmesi ağ trafliğini rahatlatmış ve tampon saha seviyesini 10 sn.'nin üstüne çıkarmıştır. Tampon saha seviyesi ve ağ durumu uygun düzeyde olduğu için t=190 sn. de düşürülen FGS katmanı tekrar gönderilmeye başlanır. Deneyin geri kalan kısmında istemcinin paketleri tüketiş hızını %10 oranında düşük tutması ve servisçinin paketleri %10 oranında hızlı göndermesi nedeniyle tampon saha seviyesi 12-13 sn. civarında tutulabilmiştir. Deney süresince herhangi bir anda, Algılanan Görsel Kalitenin o an gönderilmekte olan alt akışa ve o an iletilmekte olan video bölümünün hareket dinamiklerine uyumlu bir şekilde değiştiği gözlenmiştir.

3.2 Bant genişliği kısıtı altında sistem başarımı

Bu deneyde servisçi ve gönderici arasındaki bant genişliği 512 Kbps ile sınırlandırılmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi FGS katmanlarının eklenmesiyle bant genişliği ihtiyacı 512 Kbps'nin üzerine çıkmış ve bu durum ağda sıkışıklığa neden olmuştur. Servis Kalitesi Yöneticisi 512 Kbps'nin altında bant genişliği ihtiyacı olan bir alt akışa geçerek tepki vermiştir. Gönderim hızı 512 Kbps'nin altına düştüğünde sıkışıklık ortadan kalkmıştır. Servis Kalitecisi Yöneticisi, sıkışıklığın ortadan kalktığını fark edince daha yüksek kalitede bir alt akışı göndermeye başlamıştır. Bant genişliği 512 Kbps'nin üstüne çıktığında yine sıkışıklık ortaya çıkmıştır. Şekil 3 incelendiğinde bu döngünün deney boyunca devam ettiği görülür. Sıkışıklık anlarında tampon saha seviyesinin 4 sn.'nin altına düştüğü gözlenmiştir. t=403 sn. anında tampon saha seviyesinin üst eşik değeri olan 30 sn'yi aştığı gözlenmiştir. Bunun sebepleri, o an sıkışıklık, dolayısıyla kuyruk gecikmelerinin olmayışı, o an gönderilmekte olan alt akışın bant genişliği gereksiniminin düşük olması nedeniyle iletim gecikmelerinin çok düşük olması ve servisçinin kullandığı paket gönderiş aralığı değerinin olması gerekenden düşük tahminlenmiş olmasıdır. Tüm bunlar sonucunda tampon sahaya paket giriş hızı, tampon sahadan tüketim hızından yüksek hale gelmiştir. t=403. sn.'de servisçiye taşma durumu bildirilince servisçi paket göndermeyi 5 sn. boyunca durdurarak tampon saha seviyesinin 30 sn'nin altına düşmesini sağlamıştır. Bu deney boyunca da herhangi bir anda, Algılanan Görsel Kalitenin o an gönderilmekte olan alt akışa ve o an iletilmekte olan video bölütünün hareket dinamiklerine uyumlu bir şekilde değiştiği gözlenmiştir.

3.1 Kayıp senaryolarında sistem başarımı

Bu deneyde CLOUDTM yazılımı, [190-250 sn] ve [400-460 sn] aralıklarında verilen bir düzene göre ORTA ve YÜKSEK seviyelerde kayıp ve 4000-5000 milisaniyelik kuyruk gecikmeleri oluşturacak şekilde yapılandırılmıştır. Sıkışıklık evrelerinde tampon saha seviyesinin alt eşik değerinin altına düştüğü gözlenmiştir. Servis Kalitesi Yöneticisinin sıkışıklığa bağlı olarak düşük kaliteli alt akışların

gönderimine geçerek kaliteyi düşürdüğü görülmüştür. Sıkışıklık sona erdikten sonra kuyruk gecikmesinin ortadan kalkması ve o an gönderilmekte olan alt akışın düşük bant genişliği ihtiyacından dolayı iletim gecikmelerinin düşmesi sonucu tampon saha seviyesinin 19 sn.'ye yükseldiği görülmüştür. Bu deneyde t=100 sn ve t= 560 sn.de sıkışıklık söz konusu değilken ilk deneyde olduğu gibi gönderilen yüksek kaliteli akışın sebep olduğu iletim gecikmeleri nedeniyle tampon saha seviyesinin 10 sn. altına düştüğü gözlenmiştir. Servis Kalitesi Yöneticisi, bu duruma ilk deneyde olduğu gibi uygun tepki vermiştir. Bu deney sırasında da diğer deneylerde olduğu gibi, herhangi bir anda, Algılanan Görsel Kalitenin o an gönderilmekte olan alt akışa ve o an iletilmekte olan video bölütünün hareket dinamiklerine uyumlu bir şekilde değiştiği gözlenmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, ölçeklenebilir videoların akışlandırıldığı bir sistem geliştirilerek ölçeklenebilir kodlamanın uyarlama probleminde ne şekilde kullanılabileceği incelenmiştir. Geliştirilen Servis Kalitecisi Yöneticisinin, sıkışıklık sırasında o an iletilmekte olan video bölütünün hareket dinamiklerini dikkate alarak uygun alt akışa geçtiği görülmüştür. Başarım sonuçları, sistemin Internet gibi herhangi bir anda paket kaybı ve gecikmelerin yaşanabileceği ortamlarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Kaynakça

- [1] **Tham C., Jiang Y. and Gan, Y.**, 2003. Layered Coding For a Scalable Video Delivery System, IEEE/EURASIP PV2003, France.
- [2] **Kantarci, A. and Tunali, T.**, 2003. A Video Streaming System for MPEG-1 Videos, Journal of Multimedia Tools and Applications Vol 21., sf. 265-284.
- [3] **Kantarci, A.**, 2005. Implementation of a Video Streaming System Using Scalable Extension of H.264, ISICIS 2005, İstanbul.
- [4] **Reichel, H. J., Schwarz H. and Wien M.**, 2005. Joint Scalable Video Model: JSVM3, http://ftp3.itu.ch/av-arch/jvt-site/2005_07_Poznan/JVT-P202.zip, JVT Dökümantasyonu

[5] **Sun, X., Wu, F., Li, S., Gao, W. and Zhang, Y.**, 2004. Seamless Switching of Scalable Video Bitstreams for Efficient Streaming, IEEE Transactions on Multimedia, Special Issue on Video Streaming Vol: 6, No: 2, sf. 291-303.

[6] **Taubman, D., 2003.** Successive Refinement of Video: Fundamental Issues, Past Efforts and New Directions, International Symposium on Visual Communications and Image Processing (VCIP2003), SPIE Vol:5150, sf. 791-805.

[7] **Santa Cruz, D., Maestroni, D., Zilliani, F., Reichel, J., and Tubara, S., 2004.** Improved Scalable MCTF Video Codec Using a H.264/AVC Base Layer, Picture Coding Symposium (PCS-2004), USA.

[8] **Ji, X., Xu, J., Zhao, D. and Wu, F. . 2004.** Architectures of Incorporating MPEG-4 AVC into

Three Dimensional Subband Video Coding, Picture Coding Symposium (PCS-2004), USA.

[9] **Wenger, S., Wang, Y. K. and Schierl, T., 2005.** RTP Payload Format for SCV Video, Tunali, Internet Draft, IETF.

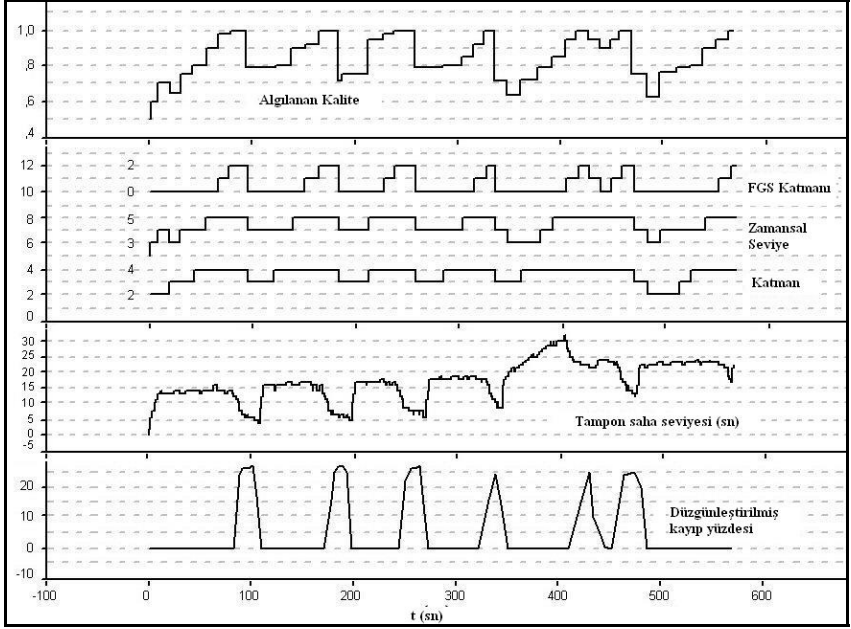
[10] **Katou, K., Zhao, L., Sakauzowa, S. and Yamamoto, H., 2003.** An Adaptive Content-Aware Scaling for Receiver Driven Layered Video Multicast, International Conference on Circuits, Systems, Computers and Communications, Korea.

[11] **Kantarci, A., 2006.** Streaming of JSMV Videos Over the Internet, basıma kabul edildi, Journal Of Multimedia Tools and Application.

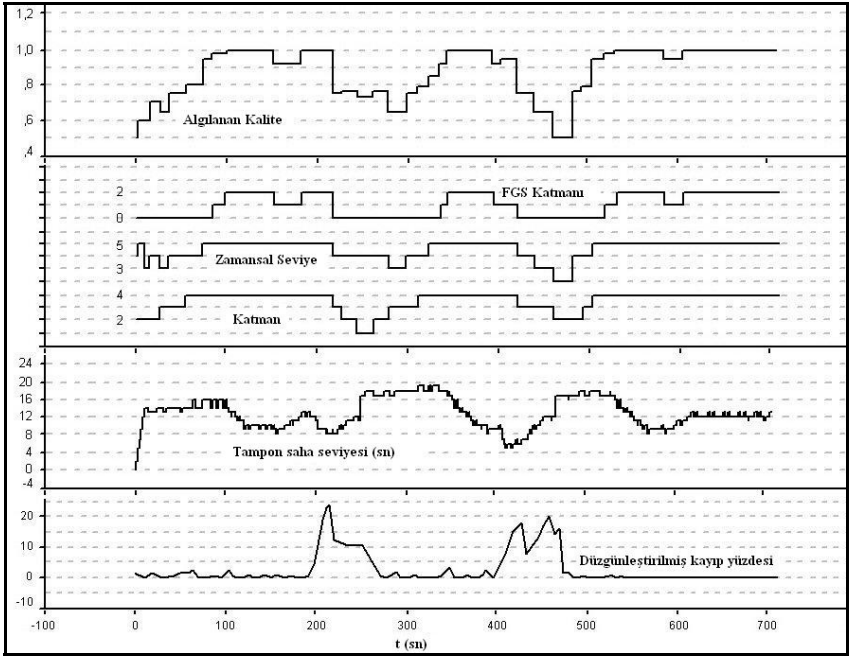
[12] **J. Bistrom, 2005.** Comparing Video Codec Evaluation Methods for Handheld TV, Teknik Rapor T-111.590, Helsinki University of Technology.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan videnon özellikleri

Katman No	Çözünürlük	Çerçeve Hızı	FGS Hariç Bit Hızı	FGS Dahil Bit Hızı
0	176x144	7.5,15 fps	(217.29, 254.77) kbit/s	(662.05, 951.63) kbit/s
1	176x144	1.875, 3.750 , 7.5 ,15 fps	(194.60, 257.42) kbit/s	(416.04, 1341.80) kbit/s
2	352x288	1.875, 3.750 , 7.5 ,15, 30 fps	(462.08, 832.10) kbit/s	(1216.02, 4583.42) kbit/s
3	352x288	1.875, 3.750 , 7.5 ,15, 30 fps	(463.03, 839.72) kbit/s	(1613.42, 8494.76) kbit/s
4	704x576	1.875, 3.750 , 7.5 ,15, 30 fps	(597..36, 1352.93) kbit/s	(2652.38, 15628.82) kbit/s
5	704x576	1.875, 3.750 , 7.5 ,15, 30, 60 fps	(598.83,2464.89) kbit/s	(3476.92, 31402.10) kbit/s



Şekil 3. Ağ bant genişliğinin 512 Kbps ile sınırlandırıldığı durumda sistem başarımı



Şekil 4. Sıkışıklık senaryosunda sistem başarımı