

ÖZET**İÇERİK SAĞLAYICI SUNUCU KALİTE ÖLÇÜM SİSTEMİ VE YÖNTEMİ**

- 5 Buluş, ABR (Adaptive Bit Rate) tabanlı protokollerde sunucu kaynaklı uygulama seviyesindeki problemlerin (yayının başlayamaması, yüksek jitter sunucu video deneyiminde donma) hızlıca tespit edilebilmesi ve takip edilebilir olmasını sağlayan bir sistem ve yöntem ile ilgilidir.

- 10 **Şekil 2**

İSTEMLER

1. IPTV/VOD servislerinde kullanılan HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm sistemi olup, **özelliği**;
- IPTV servisinin kullanıcıya iletilerek sonlandırılmasını sağlayan ve müşteri lokasyonunda bulunan IPTV istemci sistemi (50),
- internete (30) bağlı olan kullanıcıların VOD yayınlarını izleyebilmelerine olanak sağlayan OTT istemci (60),
- IPTV/VOD servisleri için video içerikleri barındıran, istemcilerden gelen talepler doğrultusunda ABR protokollerini kullanarak video trafik akışını başlatan, trafik akışının oturum boyunca devam etmesini sağlayan ve gelen istemcileri kayıt altına alarak HTTP log dosyalarını oluşturan en az bir CDN sunucu (21),
- IPTV servisinde uydudan temin edilen video sinyallerini seçen, işleyen ve uygun formatta ilgili ağlara aktaran ana yayın merkezi (10),
- DSL bağlantılarını birden fazla kullanıcıya veren DSLAM birimlerini (41) içeren ve IPTV istemci sistemlerinin (50) istenen ağlara bağlanmasını sağlayan erişim ağı (40),
- bahsedilen ana yayın merkezi (10) ile erişim ağı (40) arasında ara bağlantı ve aktarım sağlayan, televizyon yayınlarının geniş bir coğrafi alana iletilmesine ve kayıtlı medya program içeriklerini içeren CDN sunucularına (21) erişime imkân veren MPLS ağı (20),
- bahsedilen MPLS ağında (20) konumlandırılan CDN sunucularının (21) yönetilmesini ve CDN sunucular tarafından (21) oluşturulan HTTP logların toplanarak ilgili birimlere iletilmesini sağlayan MDN yönetim sunucusu (22),
- servis sağlayıcı operatörün veri depolamasını sağlayan ve bahsedilen MDN yönetim sunucusu (22) tarafından FTP protokolü ile kendisine iletilmiş olan http tabanlı HLS log yığını içerisinde uygulama seviyesinde anlamlı CDN sunucu (21) performans ölçümlerinin yapılabilmesini sağlayan sorguların çalıştırıldığı DWH birimi (19) içermesidir.
2. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen IPTV istemci sisteminin (50);
- izlenmek istenen içeriğin görüntülendiği televizyon (50),
- içerik izleme taleplerini oluşturan STB (52)
- içerik izleme taleplerinin ana yayın merkezine (10) iletilmesini sağlayan modem (53) içermesidir.

3. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen OTT istemcisinin (60) laptop (61) olmasıdır.
- 5 4. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen OTT istemcisinin (60) akıllı telefon (62) olmasıdır.
5. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen OTT istemcisinin (60) tablet olmasıdır.
- 10 6. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); uydu yayınlarının indirilmesini sağlayan alıcı anten (11) içermesidir.
- 15 7. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); yayınları MPEG kodlama tekniği ile sıkıştırıp IP paketlerine dönüştüren kodlayıcı (12) içermesidir.
- 20 8. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); CDN sunuculara (21) aktarılan videoların ilk olarak depolanıp işlendiği VSPP sunucu (13) içermesidir.
- 25 9. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); sistemi oluşturan tüm bileşenlerle haberleşen ve işleyişi kontrol eden MW sunucu (14) içermesidir.
- 30 10. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10);
 - içeriğin alınacağı CDN sunucunun (21) IP adres bilgisini IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemci (60) ile paylaşan CDN istek yönlendirici (16),
 - IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemci (60) isteklerini belirli bir sıra ile bahsedilen CDN istek yönlendiriciye (16) aktaran load balancer (15) içermesidir.
- 35 11. İstem-1'e uygun kalite ölçüm sistemi olup **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); ana yayın merkezinde (10) bulunan farklı unsurların entegrasyonunu sağlayan switch (17) içermesidir.

12. IPTV/VOD servislerinde kullanılan HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özellliği**;

- 5
 - IPTV servisinin sonlandırıldığı IPTV istemci sistemi (50) ve doğrudan internete (30) bağlı olan kullanıcıların yayınları izleyebildiği OTT istemciden (60) gelen VOD içeriği izleme talebi mesajlarının bir ana yayın merkezi (10) vasıtası ile değerlendirilerek video akışını başlatacak olan MPLS ağında (20) bulunan uygun CDN sunucuya (21) yönlendirilmesi,
- 10
 - bahsedilen CDN sunucunun (21) talep edilen VOD içeriğine ait manifesto dosyasını ilgili IPTV istemci sistemine (50) ve/veya OTT istemcisine (60) göndermesi,
 - ilgili IPTV istemci sisteminin (50) ve/veya OTT istemcisinin (60), bulunduğu lokasyonun ağ kalite değerlerine bağlı olarak manifesto dosyasında tanımlanmış olan oynatma listelerinden kendisi için uygun olanı seçerek tek tek video dilimlerine (chunk) karşılık HTTP Get isteklerini CDN sunucuya (21) iletmesi,
- 15
 - CDN sunucunun (21) her bir isteğe karşılık video paketlerini istemci türüne bağlı olarak internet (30) ve/veya en az bir DSLAM birimi (41) içeren bir erişim ağı (40) üzerinden IPTV istemci sistemine (50) ve/veya internet (30) ağı üzerinden OTT istemcisine (60) aktarması,
- 20
 - IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemcisi (60) ara belleğine yeterli sayıda video dilimi (chunk) dosyasının indirilmesi ve videonun IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemcisinde (60) oynatılmaya başlanması,
 - oluşan trafiğe ilişkin CDN sunucu (21) veritabanında belirli süre ile tutulan HTTP logların, CDN sunucular (21) tarafından oluşturulan HTTP logları toplayarak ilgili birimlere ileten MDN yönetim sunucusuna (22) iletilmesi,
- 25
 - MDN yönetim sunucusunun (22) aldığı CDN sunucu (21) loglarını FTP protokolü ile uygulama seviyesinde anlamlı CDN sunucu (21) performans ölçümlerinin yapılabilmesini sağlayan sorguların çalıştırıldığı DWH birimine (19) iletmesi,
 - DWH biriminde (19), uygun sorgu kalıpları oluşturularak gönderilen loglar içerisinden manifesto dosyasını içeren URL adreslerinin filtrelenmesi,
- 30
 - DWH biriminde (19), manifesto isteklerine karşılık gelen log satırlarının incelenerek, talebin CDN sunucu (21) tarafından kabul edildiği anlamına gelen HTTP 200 ve 300 durum kodlu toplam URL adres satır sayısının belirlenmesi ile manifesto isteklerinden kaç adedine başarılı olarak dönüldüğünün hesaplanması,
- 35
 - DWH biriminde (19), VOD yayını başlatabilme başarımlarının;

$$\sum(\text{HTTP 200 ve 300 durum kodu içeren URL adres satırları}) / \sum(\text{Manifesto dosyası taleplerine karşılık gelen URL adres satırları})$$
 formülü ile hesaplanması,

- DWH biriminde (19), uygun sorgu kalıpları oluşturularak tüm loglardaki URL adres satırları içerisinde sadece istemci video dilimi (chunk) taleplerini ve CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren satırların filtreleneceği,
- DWH biriminde (19), istemci video dilimi (chunk) taleplerini ve CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren URL adres satırlarının analiz edilerek, CDN sunucularının (21) tüm video dilimi isteklerine ayrı ayrı ne kadar sürede cevap verdiklerinin tespit edilmesi,
- DWH biriminde (19),
 - o $t(s)$: bir chunk dosyası ile taşınan videonun süresi
 - o A : istemci buffer miktarı dolana kadar CDN sunucunun (21) aktardığı chunk adedi
 - o $T(s)$: istemci buffer'ı boşalana kadar kullanıcı ekranında oynatılabilen toplam video süresi,
 - o $T(s) = A \times t(s)$ olmak üzere,
 tespit edilen CDN sunucu (21) cevap sürelerinden $T(s)$ süresini aşanların ve $T(s)$ süresini aşmayanların tespit edilmesi ile donma yaşanmasına sebep olan CDN sunucu (21) cevaplarının tespit edilmesi işlem adımlarını içermesidir.

13. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliliği**; DWH biriminde (19), belirli bir periyot özelinde gelmiş olan tüm video dilimi isteklerine karşılık CDN sunucularının (21) cevap verebilme süresi bazında başarı oranının $\sum(\text{Cevap verme süresi} < T(s) \text{ olan URL adres satırları}) / \sum(\text{Chunk dosyası taleplerine karşılık gelen URL adres satırları})$ işlem adımı içermesidir.

14. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliliği**; DWH biriminde (19), donma yaşanmasına sebep olan CDN sunucu (21) cevaplarının belirli periyotlar için ortalamalarının alınması işlem adımı içermesidir.

15. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliliği**; DWH biriminde (19), tespit edilen CDN sunucu (21) cevap sürelerinden isteğe bağlı olarak günlük, haftalık grafikler oluşturulması işlem adımı içermesidir.

16. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliliği**; bahsedilen IPTV istemci sisteminin (50); izlenmek istenen içeriği bir televizyon (50) vasıtası ile görüntülemesi işlem adımı içermesidir.

17. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen IPTV istemci sisteminin (50) içerik izleme taleplerini STB (52) vasıtası ile oluşturması işlem adımını içermesidir.
- 5 18. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen IPTV istemci sisteminin (50) içerik izleme taleplerini, içerik izleme taleplerinin ana yayın merkezine (10) iletilmesini sağlayan modem (53) vasıtası ile iletmesi işlem adımını içermesidir.
- 10 19. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10) uydu yayınlarını alıcı anten (11) vasıtası ile indirmesi işlem adımını içermesidir.
- 15 20. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10) yayınları, kodlayıcı (12) vasıtasıyla MPEG kodlama tekniği ile sıkıştırıp IP paketlerine dönüştürmesi işlem adımını içermesidir.
- 20 21. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10) bir VSPP sunucu (13) vasıtası ile CDN sunuculara (21) aktarılan videoları depolaması ve işlemesi işlem adımını içermesidir.
- 25 22. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; bahsedilen ana yayın merkezinin (10); sistemi oluşturan tüm bileşenlerle haberleşmeyi ve işleyişi kontrolünü bir MW sunucu (14) vasıtası ile sağlaması işlem adımını içermesidir.
- 30 23. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**;
- IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemci (60) isteklerinin ana yayın merkezinde (10) bulunan load balancer (15) tarafından belirli bir sıra ile ana yayın merkezinde (10) bulunan CDN istek yönlendiriciye (16) aktarılması,
 - içeriğin alınacağı CDN sunucunun (21) IP adres bilgisinin CDN istek yönlendirici (16) tarafından IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemci (60) ile paylaşılması işlem adımlarını içermesidir.
- 35 24. İstem-12'ye uygun içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemi olup, **özelliği**; ana yayın merkezinde (10) bulunan farklı unsurların entegrasyonunun ana yayın merkezinde (10) bulunan bir switch (17) vasıtası ile sağlanması işlem adımını içermesidir.

TARİFNAME

İÇERİK SAĞLAYICI SUNUCU KALİTE ÖLÇÜM SİSTEMİ VE YÖNTEMİ

5 TEKNİK ALAN

Buluş, IPTV/OTT kullanıcılarına VOD servisini tedarik etmede kullanılan uç yayın birimi sunucularının uygulama seviyesinde kalite/performans takibinin yapılmasını sağlayan bir sistem ve yöntem ile ilgilidir.

10

Buluş özellikle ABR (Adaptive Bit Rate) tabanlı protokollerde sunucu kaynaklı uygulama seviyesindeki problemlerin (yayının başlayamaması, yüksek jitter sunucu video deneyiminde donma) hızlıca tespit edilebilmesi ve takip edilebilir olmasını sağlayan bir sistem ve yöntem ile ilgilidir.

15

ÖNCEKİ TEKNİK

Günümüzde operatörlerin müşterilerine sundukları en önemli servislerden bir tanesi IPTV servisi. Televizyon yayınlarının IP protokolleri ile aktarılmasının kullanıcıya sağladığı

20

özellikler arasında VOD hizmeti diğer yayın tiplerine göre (uydu, karasal analog yayın vb.

broadcast yayınlar) ayırt edici olarak öne çıkmaktadır. Çünkü VOD hizmetinde müşteriler

istedikleri zaman herhangi bir içeriği (film/dizi, canlı yayın sırasında durdur/başlat yapılması

vb.) talep edebilme özgürlüğüne sahiptirler. Video paketleri istemciye (STB kutu, Akıllı

Telefon, Tablet, Laptop vb.) doğru spesifik olarak (unicast) taşınmaktadır. Bu işlem MPLS

25

ağında farklı POP noktalarında konumlandırılmış bulunan CDN sunucular üzerinden

gerçekleştirilir. VOD servisinde yayın ilgili müşteri lokasyonunun bağlı olduğu POP noktasına

hizmet veren CDN sunucu üzerinden başlatılır ve video aktarım protokollerinden birisi ile

istemciye taşınır. Böylece multicast yayında olduğu gibi içeriğin ana yayın merkezinden

başlayarak tüm ağı dolaşmasının önüne geçilebilmiş olunur.

30

Son yıllara kadar operatörler unicast gerçek zamanlı video/ses aktarım protokolü olarak

çoğunlukla RTP (Real-Time Transport Protocol) protokolünü tercih etmekteydi. RTP

protokolü sabit hız değerlerinin sağlanabildiği geniş bant ortamlarında video aktarımı için

oldukça başarılı olmakla birlikte genelde RTCP (Real-Time Transport Control Protocol) ve

35

RTSP (Real-Time Streaming Protocol) gibi iletim istatistiklerinin izlenmesine ve veri akışının

kontrol edilmesine de olanak sağlayan ilave iki protokol ile birlikte kullanılmaktadır.

- Ancak, teknolojik geliştirmelere paralel olarak pek çok majör video içerik sağlayıcı kurum (Örneğin; Netflix, Youtube, Tivibu vb.) HTTP üzerinden ABR tabanlı aktarım protokollerini (Apple HLS, Microsoft Smooth Streaming vb.) RTP'ye tercih etmeye başlamıştır. Bu durumun oluşmasındaki en önemli neden olarak, ABR tabanlı protokollerin sunucu ile istemci arasındaki video akışı devam ederken hız profillerinde geçiş yapılabilmesine olanak sağlıyor olmaları gösterilebilir. Böylece IPTV müşterilerine canlı yayınlar multicast aktarımlarda taahhüt edilmiş olunan kalitede (tercih edilen pakete göre HD/SD) sağlanırken, kullanıcı VOD içeriklerinden birini izlemek istediği andan itibaren altyapısının (ADSL, VDSL, GPON) el elverdiği ölçüde daha yüksek kalitelerde yayını izleyebilmektedir. Benzer şekilde internete bağlı olarak telefon, tablet ya da bilgisayardaki uygulama üzerinden VOD hizmetini almakta olan bir müşteride (OTT servisi) o anki bağlantı hızının el verdiği oranda daha düşük veya yüksek çözünürlüklerde yayınları izleyebilmektedir. Hatta mobilize bir durumda ise yayının çözünürlük kalitesini belirleyen hız profilleri arasında geçiş yapabilmektedir.
- HTTP üzerinden ABR aktarım protokollerinin operatörlere sağladığı bu avantajın yanında sahip oldukları bir handikap ise text (metin) tabanlı olmaları sebebiyle, RTP protokollerindeki gibi yayının kalitesi ile alakalı istatistik vb. verileri gösteren ilave yardımcı protokol ve özelliklere sahip olmamalarıdır. Bu durum servis sağlayıcı bir operatörün, CDN sunucu performanslarına yönelik anlamlı kalite takibi yapabilmesini mümkün kılmamaktadır. Video performansında içerik sağlayıcı sunucunun (CDN) en temel görevlerinden biri istemcilerden gelen VOD içeriklerine yönelik taleplere olumlu yanıt vererek, yayının başlamasını sağlayacak olan video paket akışını başlatmaktır. Bir diğer temel görev ise oturum süresince paketleri kayıpsız ve de kabul edilebilir jitter aralığında istemciye doğru upload edebilmektir.
- Örneğin Türk Telekom bünyesinde müşterilere sunulan Tivibu servisi için unicast VOD yayınlarının aktarımı ABR tabanlı bir HTTP protokolü olan HLS (HTTP Live Streaming) ile gerçekleştirilmektedir. Zaman zaman kullanıcılardan VOD yayınlarının başlatılamadığı ya da video izlenirken sık sık donma yaşandığı vb. şikayetler alınmaktadır. Bu tip problemlerde şikayetler belirli müşteri lokasyonlarından gelmiyor ise sorunun kaynağı erişim ve/veya iletim şebeke arızalarından ziyade CDN sunucu performansları ile alakalı olmaktadır. Ancak açıklamanın başında izah edildiği gibi HLS protokolü çalışma mantığında, uçtan uca içerik sağlayıcı sunucu ile istemci arasındaki veri akışının kontrolünü gerçekleştiren ilave bir protokol daha (RTCP, RTSP gibi) olmadığı için uygulama seviyesinde bu tip sunucu kaynaklı problemlerin tespiti ve performans takibi yapılması mümkün olamamaktadır. Mevcut durumda SNMP (Simple Network Management Protocol) gibi protokoller ile sadece ilgili sunucuların ayakta olup olmadığı ve de üzerlerinden akan toplam trafik miktarının takibi gibi ölçümler yapılabilir. Ancak bir sunucunun erişilebilir durumda ve ilgili portunun trafik

akışı gerçekleştiriyor olması, uygulama seviyesinde o sunucunun video içeriklerini ve paketleri olması gereken kalitede sağlayabildiği anlamına gelmez.

Şekil-1'de yer alan örnek topoloji mevcut durumda içerik sağlayıcı sunucu performans takibinin nasıl yapıldığını yansıtmaktadır. Şekil-1'de görüldüğü üzere, içerik sağlayıcı sunucuların ilgili arayüzleri merkezde konumlandırılmış SNMP Yöneticisi ile SNMP protokolü üzerinden periyodik olarak haberleşmektedir. Böylece sunucuların ayakta olup olmadığı ve üzerlerinden akan trafik miktarı vb. temel kontroller yapılabilmektedir. Ancak uygulama seviyesinde müşterilerin yaşadığı video deneyimine ait bir ölçümden bahsetmek mümkün değildir.

Sonuçta yukarıda bahsedilen ve mevcut teknik ışığında çözülemeyen sorunlar ilgili teknik alanda bir yenilik yapmayı zorunlu kılmıştır.

15 BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Mevcut buluş yukarıda bahsedilen dezavantajları ortadan kaldırmak ve ilgili teknik alana yeni avantajlar getirmek üzere içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm sistemi ve yöntemi ile ilgilidir.

Buluşun ana amacı, operatörlerin maliyetli ilave prob, sunucu ya da yazılım yatırımlarına gerek duymadan, mevcut altyapılarına ait verileri kullanarak HTTP üzerinden ABR tabanlı video aktarım protokolleri içinde sunucu performansı kaynaklı problemleri (yayınların başlatılamaması, aktarımı yapılan video paketleri arasındaki gecikme sebebiyle yaşanan donma sorunları vb.) ölçülebilir/takip edebilir olmasını sağlayan bir sistem ve yöntem oluşturmaktır.

Buluşun bir diğer amacı, sunucu performansı kaynaklı olarak oluşan problemlerin hızlı bir şekilde tespit edilmesini ve müdahale edilebilmesini sağlayan bir sistem ve yöntem geliştirmektir.

Buluşun bir diğer amacı, servis sağlayıcı operatörler için hizmet kalitesinin artırılmasını ve buna bağlı olarak müşteri memnuniyetinin artırılmasını sağlayan bir sistem ve yöntem ortaya koymaktır.

Yukarıda bahsedilen ve aşağıdaki detaylı anlatımdan ortaya çıkacak tüm amaçları gerçekleştirmek üzere mevcut buluş, IPTV/VOD servislerinde kullanılan HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm sistemidir. Buna göre sistem;

- IPTV servisinin kullanıcıya iletilerek sonlandırılmasını sağlayan ve müşteri lokasyonunda bulunan IPTV istemci sistemi,
- internete bağlı olan kullanıcıların VOD yayınlarını izleyebilmelerine olanak sağlayan OTT istemci,

5 • IPTV/VOD servisleri için video içerikleri barındıran, istemcilerden gelen talepler doğrultusunda ABR protokollerini kullanarak video trafik akışını başlatan, trafik akışının oturum boyunca devam etmesini sağlayan ve gelen istemcileri kayıt altına alarak HTTP log dosyalarını oluşturan en az bir CDN sunucu,

10 • IPTV servisinde uydudan temin edilen video sinyallerini seçen, işleyen ve uygun formatta ilgili ağlara aktaran ana yayın merkezi,

- DSL bağlantılarını birden fazla kullanıcıya veren DSLAM birimlerini içeren ve IPTV istemci sistemlerinin istenen ağlara bağlanmasını sağlayan erişim ağı,

15 • bahsedilen ana yayın merkezi ile erişim ağı arasında ara bağlantı ve aktarım sağlayan, televizyon yayınlarının geniş bir coğrafi alana iletilmesine ve kayıtlı medya program içeriklerini içeren CDN sunucularına erişime imkân veren MPLS ağı,

- bahsedilen MPLS ağında konumlandırılan CDN sunucularının yönetilmesini ve CDN sunucular tarafından oluşturulan HTTP logların toplanarak ilgili birimlere iletilmesini sağlayan MDN yönetim sunucusu,

20 • servis sağlayıcı operatörün veri depolamasını sağlayan ve bahsedilen MDN yönetim sunucusu tarafından FTP protokolü ile kendisine iletilmiş olan http tabanlı HLS log yığını içerisinde uygulama seviyesinde anlamlı CDN sunucu performans ölçümlerinin yapılabilmesini sağlayan sorguların çalıştırıldığı DWH birimi

içermektedir.

25 Buluşumuz aynı zamanda, IPTV/VOD servislerinde kullanılan HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm yöntemini de kapsamaktadır. Buna göre yöntem;

- IPTV servisinin sonlandırıldığı IPTV istemci sistemi ve doğrudan internete bağlı olan kullanıcıların yayınları izleyebildiği OTT istemciden gelen VOD içeriği izleme talebi mesajlarının bir ana yayın merkezi vasıtası ile değerlendirilerek video akışını başlatacak olan MPLS ağında bulunan uygun CDN sunucuya yönlendirilmesi,

30 • bahsedilen CDN sunucunun talep edilen VOD içeriğine ait manifesto dosyasını ilgili IPTV istemci sistemine ve/veya OTT istemcisine göndermesi,

- ilgili IPTV istemci sisteminin ve/veya OTT istemcisinin, bulunduğu lokasyonun ağ kalite değerlerine bağlı olarak manifesto dosyasında tanımlanmış olan oynatma

35

listelerinden kendisi için uygun olanı seçerek tek tek video dilimlerine (chunk) karşılık HTTP Get isteklerini CDN sunucuya iletmesi,

- CDN sunucunun her bir isteğe karşılık video paketlerini istemci türüne bağlı olarak internet ve/veya en az bir DSLAM birimi içeren bir erişim ağı üzerinden IPTV istemci sistemine ve/veya internet ağı üzerinden OTT istemcisine aktarması,

- IPTV istemci sistemi ve/veya OTT istemcisi ara belleğine yeterli sayıda video dilimi (chunk) dosyasının indirilmesi ve videonun IPTV istemci sistemi ve/veya OTT istemcisinde oynatılmaya başlanması,

- oluşan trafiğe ilişkin CDN sunucu veritabanında belirli süre ile tutulan HTTP logların, CDN sunucular tarafından oluşturulan HTTP logları toplayarak ilgili birimlere ileten MDN yönetim sunucusuna iletilmesi,

- MDN yönetim sunucusunun aldığı CDN sunucu loglarını FTP protokolü ile uygulama seviyesinde anlamlı CDN sunucu performans ölçümlerinin yapılabilmesini sağlayan sorguların çalıştırıldığı DWH birimine iletmesi,

- DWH biriminde, uygun sorgu kalıpları oluşturularak gönderilen loglar içerisinde manifesto dosyasını içeren URL adreslerinin filtrelenmesi,

- DWH biriminde, manifesto isteklerine karşılık gelen log satırlarının incelenerek, talebin CDN sunucu tarafından kabul edildiği anlamına gelen HTTP 200 ve 300 durum kodlu toplam URL adres satır sayısının belirlenmesi ile manifesto isteklerinden kaç adedine başarılı olarak dönüldüğünün hesaplanması,

- DWH biriminde, VOD yayını başlatabilme başarı oranının;

$$\frac{\sum(\text{HTTP 200 ve 300 durum kodu içeren URL adres satırları})}{\sum(\text{Manifesto dosyası taleplerine karşılık gelen URL adres satırları})}$$

formülü ile hesaplanması,

- DWH biriminde, uygun sorgu kalıpları oluşturularak tüm loglardaki URL adres satırları içerisinde sadece istemci video dilimi (chunk) taleplerini ve CDN sunucu yanıtlarını içeren satırların filtrelenmesi,

- DWH biriminde, istemci video dilimi (chunk) taleplerini ve CDN sunucu yanıtlarını içeren URL adres satırlarının analiz edilerek, CDN sunucuların tüm video dilimi isteklerine ayrı ayrı ne kadar sürede cevap verdiklerinin tespit edilmesi,

- DWH biriminde,

o t(s): bir chunk dosyası ile taşınan videonun süresi

o A: istemci buffer miktarı dolana kadar CDN sunucunun aktardığı chunk adedi

o T(s): istemci buffer'ı boşalana kadar kullanıcı ekranında oynatılabilen toplam video süresi,

o $T(s) = A \times t(s)$ olmak üzere,

tespit edilen CDN sunucu cevap sürelerinden T(s) süresini aşanların ve T(s) süresini aşmayanların tespit edilmesi ile donma yaşanmasına sebep olan CDN sunucu cevaplarının tespit edilmesi

işlem adımlarını içermektedir.

5

Mevcut buluşun yapılanması ve ek elemanlarla birlikte avantajlarının en iyi şekilde anlaşılabilmesi için aşağıda açıklaması yapılan şekiller ile birlikte değerlendirilmesi gerekir.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

10

Şekil 1, önceki tekniğe ait SNMP mesaj akışını göstermektedir.

Şekil 2, buluşumuza konu olan sistemin şematik görüntüsünü vermektedir.

Şekil 3, buluşumuza konu olan yöntem ile elde edilen ve T(s) süresinin 15 saniye olarak değerlendirildiği örnek bir korelasyon grafiğinin görüntüsünü vermektedir.

15

REFERANS NUMARALARI

10. Ana yayın merkezi	30	22. MDN yönetim sunucusu
11. Alıcı anten	30. İnternet	
20	40. Erişim ağı	
12. Kodlayıcı	41. DSLAM birimi	
13. VSPP sunucu	50. IPTV istemci sistemi	
14. MW sunucu	35	51. Televizyon
15. Load Balancer	52. STB	
16. CDN istek yönlendirici	53. Modem	
25	60. OTT İstemci	
17. Switch	61. Laptop	
18. SNMP yöneticisi	40	62. Akıllı telefon
19. DWH birimi		
20. MPLS ağı		
21. CDN sunucu		

MDN: Media Delivery Network

CDN: Content Delivery Network

ABR: Adaptive Bit Rate

45 VOD: Video on Demand

DSL: Digital Subscriber Line

DWH: Data Ware House

OTT: Over the Top TV

IPTV: Internet Protocol Television

50 STB: Set Top Box

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

Bu detaylı açıklamada, buluş konusu yenilik sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak örneklerle açıklanmaktadır.

- 5 Buluşumuz, IPTV/VOD servislerinde kullanılan HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik sağlayıcı sunucu kalite ölçüm sistemidir. Şekil-2'de buluşumuza konu olan sistemin şematik görüntüsü verilmektedir. Buna göre sistem; IPTV servisinin kullanıcıya iletilerek sonlandırılmasını sağlayan ve müşteri lokasyonunda bulunan IPTV istemci sistemi (50), internete (30) bağlı olan kullanıcıların VOD yayınlarını izleyebilmelerine olanak sağlayan
- 10 OTT istemci (60), IPTV/VOD servisleri için video içerikleri barındıran, istemcilerden gelen talepler doğrultusunda ABR protokollerini kullanarak video trafik akışını başlatan, trafik akışının oturum boyunca devam etmesini sağlayan ve gelen istemcileri kayıt altına alarak HTTP log dosyalarını oluşturan en az bir CDN sunucu (21), IPTV servisinde uydudan temin edilen video sinyallerini seçen, işleyen ve uygun formatta ilgili ağlara aktaran ana yayın
- 15 merkezi (10), DSL bağlantılarını birden fazla kullanıcıya veren DSLAM birimlerini (41) içeren ve IPTV istemci sistemlerinin (50) istenen ağlara bağlanmasını sağlayan erişim ağı (40), bahsedilen ana yayın merkezi (10) ile erişim ağı (40) arasında ara bağlantı ve aktarım sağlayan, televizyon yayınlarının geniş bir coğrafi alana iletilmesine ve kayıtlı medya program içeriklerini içeren CDN sunucularına (21) erişime imkân veren MPLS ağı (20),
- 20 bahsedilen MPLS ağında (20) konumlandırılan CDN sunucularının (21) yönetilmesini ve CDN sunucular (21) tarafından oluşturulan HTTPS logların toplanarak ilgili birimlere iletilmesini sağlayan MDN yönetim sunucusu (22), servis sağlayıcı operatörün veri depolamasını sağlayan ve bahsedilen MDN yönetim sunucusu (22) tarafından FTP protokolü ile kendisine iletilmiş olan HTTP log yığını içerisinde uygulama seviyesinde anlamlı CDN
- 25 sunucu (21) performans ölçümlerinin yapılabilmesini sağlayan sorguların çalıştırıldığı DWH birimi (19) içermektedir.

Sistemin tercih edilen uygulamasında bahsedilen ana yayın merkezi (10) uydudan temin edilen video sinyallerini seçen, işleyen ve uygun formatta MPLS ağına (20) aktaran parçadır.

- 30 Ana yayın merkezinde (10) bu işlemleri gerçekleştirmek için;
- uydu yayınlarının indirilmesini sağlayan alıcı anten (11),
 - yayınları MPEG kodlama tekniği ile sıkıştırıp IP paketlerine dönüştüren kodlayıcı (12),
 - CDN sunuculara (21) aktarılan videoların ilk olarak depolanıp işlendiği VSPP sunucu (13),
- 35
- sistemi oluşturan tüm bileşenlerle haberleşen ve işleyişi kontrol eden MW sunucu (14),
 - içeriğin alınacağı CDN sunucunun (21) IP adres bilgisini istemci ile paylaşılan CDN istek yönlendirici (16),

- istemci isteklerini belirli bir sıra ile bahsedilen CDN istek yönlendiriciye (16) aktaran load balancer (15),
- ana yayın merkezinde (10) bulunan farklı unsurların entegrasyonunu sağlayan switch (17)

5 oluşan çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır.

Sistemin tercih edilen uygulamasında, bahsedilen müşteri istemci sistemi (50); IPTV servisini kullanıcı tarafında sonlandırmak üzere izlenmek istenen içeriğin görüntülediği televizyon (50), içerik izleme taleplerini oluşturan STB (52) ve içerik izleme taleplerinin ana yayın merkezine (10) iletilmesini sağlayan modemden (53) oluşmaktadır. Sistemin tercih edilen uygulamasında bahsedilen ve kullanıcıya VOD servisi kapsamında film ve dizi içeriklerini doğrudan internet (30) ağı üzerinden ulaştırmayı sağlayan OTT istemciler (60), laptop (61), akıllı telefon (62) ve/veya tablet olarak karakterize edilebilmektedir.

15 Buluşumuzun çalışma prensibi ise şu şekildedir:

Kullanıcılar, herhangi bir VOD içeriğini (film, dizi) izlemek istediğinde, kullanıcı uç cihazına bağlı olarak IPTV istemci sistemi (50) veya OTT istemciler (60) vasıtası ile oluşturulan talepler ana yayın merkezi (10) tarafından karşılanır. IPTV servisinin sonlandırıldığı IPTV istemci sistemi (50) ve internete (30) bağlı olan kullanıcıların VOD yayınlarını izleyebilmelerine olanak sağlayan OTT istemciden (60) gelen VOD içeriği izleme taleplerine karşılık gelen mesajlar ana yayın merkezinde (10) değerlendirilerek video akışını başlatacak olan MPLS ağında (20) bulunan uygun CDN sunucuya (21) yönlendirilir. İstemcinin yönlendirildiği CDN sunucu (21) talep edilen VOD içeriğine ait manifesto dosyasını ilgili IPTV istemci sistemine (50) ve/veya OTT istemcisine (60) gönderir. İlgili IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemcisi (60), bulunduğu lokasyonun ağ kalite değerlerine bağlı olarak manifesto dosyasında tanımlanmış olan oynatma listelerinden kendisi için uygun olanı seçerek tek tek video dilimlerine (chunk) karşılık HTTP Get isteklerini CDN sunucuya (21) iletir. CDN sunucu (21) her bir isteğe karşılık video paketlerini istemci türüne bağlı olarak (istemcinin IPTV veya OTT aboneliğine bağlı olarak) internet (30) ve/veya en az bir DSLAM birimi (41) içeren bir erişim ağı (40) üzerinden IPTV istemci sistemine (50) ve/veya OTT istemcisine (60) aktarır. Bu aşamada istemcinin ara belleğine yeterli sayıda video dilimi (chunk) indirilmesi ile beraber video oynatılmaya başlanır. Oluşan trafiğe ilişkin http log kayıtları CDN sunucuda (21) oluşturulur ve belirli bir süre veritabanında tutulur. HTTP logları bir script yardımı ile önce MDN yönetim sunucusuna (22), daha sonra FTP protokolü ile operatörün DWH birimine (19) taşınır. DWH biriminde (19) aşağıda detayları paylaşılan

doğru sorgular oluşturularak ABR protokolleri içinde uygulama seviyesinde CDN sunucu (21) kaynaklı problem tespitleri gerçekleştirilir ve raporlanır.

HTTP üzerinden ABR tabanlı video aktarımlarında CDN sunucularının (21) uygulama

- 5 seviyesinde kalite performans takibini gerçekleştirmek amacıyla tasarlanan yöntem aşağıda üç başlık altında özetlenmektedir:

A) Sunucu Log Kayıtlarının Veritabanına Aktarılması

- 10 HTTP protokolünü kullanan standart web servisi sunucularında olduğu gibi MDN (Media Delivery Network) ağını oluşturan MPLS ağındaki (20) CDN sunucuları (21) da istemcilerden (IPTV istemci sistemi (50) ve/veya OTT istemcisi (60)) gelen her türlü URL formatındaki talebi ve bu talebe karşılık verilen sunucu yanıtlarına ait logları oluşturup bir süre veritabanlarında tutarlar. Bu kayıtlar hazırlanan basit bir script yardımıyla belirli periyotlarda
- 15 (örneğin 15 dk veya 1 saat vb.) MDN yönetim sunucusunda (22) toplanır. MDN yönetim sunucusu (22) operatörlerin MPLS ağında (20) POP noktalarına konumlandırılmış olunan CDN sunucuların (21) konfigürasyonunu, yönetimini (http trafik akışının sağlanması, policy, logların toplanması, konfigürasyon vb.) yapmak amacıyla kullandıkları merkezi sunucu/sunucular olarak düşünülebilir. Sonrasında URL adreslerinden oluşan log yığınları
- 20 FTP protokolü ile ana yayın merkezinde (10) konumlandırılmış olunan DWH birimine (19) aktarılır. Veritabanı ortamında metodun devam eden adımlarında detayları açıklanan sorgular çalıştırılarak periyodik performans raporları oluşturulur (tarih, POP noktası, IP adresi bazında).

25 B) Sunucu VOD Yayınları Başlatabilme Başarım Oranının Hesaplanması

ABR tabanlı protokollerde video izleyiciye bir bütün olarak sunulmaz, önce çeşitli kalitelerde kodlanır. Böylece tek bir VOD içeriğinin birden çok kalitede örneği olur. Ardından bu örnekler belirli sürelerden (örneğin 5s, 10s vb.) oluşan kısa video dilimlerine (chunk dosyaları) bölünür.

- 30 Her bir kalitedeki video örneği için yüzlerce/binlerce video dilimi ortaya çıkar. Bu kısa video dilimleri oynatma listelerinde tanımlanır. Tüm oynatma listeleri ise bir manifesto dosyasında tanımlanır. Sonuç olarak istemci herhangi bir VOD içeriği için talepte bulunduğu, ilk olarak CDN sunucudan (21) söz konusu içeriğin mevcut oynatma liste seçeneklerini içeren manifesto dosyasını indirebilmesi gerekmektedir. Sonrasında istemci hız değerlerine bağlı
- 35 olarak tercih edeceği oynatma listesine göre video dilimlerini tek tek talep ederek indirmeye başlar. Eğer bir şekilde, oturumun başlangıcında manifesto dosyası içerik CDN sunucu (21) tarafından istemciye gönderilemez ise, bunun anlamı videonun kullanıcı ekranında

başlatılamayacağıdır. Çünkü istemci talepte bulunduğu VOD içeriğine (film/dizi vb.) ait manifesto dosyasında listelenmiş olan URL adreslerini öğrenemediği için bir sonraki aşamaya geçemeyecek ve kullanıcı ekranında ilgili hata kodu/açıklaması belirecektir. Bu anlamda bakıldığında, CDN sunucuların (21) istemcilerden gelen manifesto dosyası taleplerine vermiş oldukları yanıtlar söz konusu VOD içeriklerini kullanıcılara sağlayıp sağlayamadıklarına dair bilgi vermektedir. Çünkü içerik sağlayıcı bir CDN sunucu (21) talep edilen VOD içeriğinin manifesto dosyasına sahipse aynı zamanda o dosyada tanımlanmış olan video dilimlerini de veritabanında tutuyor demektir.

- 10 İlk olarak DWH birimine (19) aktarılmış olan log kayıtları içerisinde sadece manifesto dosyasını içeren URL adresleri filtrelenir. Bu amaçla uygun sorgu kalıpları oluşturup, veritabanı ortamında çalıştırılır. HTTP protokolü text tabanlı olduğu için istemci ile CDN sunucu (21) arasındaki haberleşme URL formatlı adreslerden oluşmaktadır. Adres uzantıları söz konusu protokolün ilgili mesaj tiplerini belirlemek için ayırıcı olmaktadır. Yani DWH
- 15 birimi (19) ortamında yer alan tüm loglar içerisinde istemcilerin sadece manifesto dosyası taleplerini ve ilgili CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren satırlar filtrelenebilir. Bu işlem için kullanılan veritabanı altyapısına göre (SQL vb.) uygun sorgu komutu oluşturulur.

- Orneğin; ABR tabanlı HLS (http live streaming) protokolü özelinde manifesto dosyasını
- 20 adresleyen tüm URL adresleri .m3u8 uzantısı ile sonlanmaktadır. (http://example.com/low.m3u8 RFC 8226 - 8.4 Master Playlist). Böylece HLS protokolü kullanan bir operatörü düşünürsek bu adımda yapılması gereken .m3u8 ile biten istemci taleplerini ve CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren log satırlarının filtrelenmesi olacaktır. Aşağıda ABR tabanlı bir protokol olan HLS için manifesto dosyası talebi ve CDN sunucu (21)
- 25 yanıtını gösteren örnek log satırı yer almaktadır;

- CDN 20.21.133.228 185.163.203.57 185.163.203.57:8080 170.55.87.150 - -
- [19/Aug/2019:08:02:50.781 +0000] "GET /5639237798c17e89bb28
- 1346d71c5c3b/2376293171/TTG/npvr-tbts/shls/LIVEX_TV_HD/5.m3u8?start=2019-08-
- 30 19T07:55:00&end=2019-08-19T08:05:00&device=HLS_S
- TB_HD_UNENC&s=294131187&f=SU635581239&t=I&client_version=5 HTTP/1.1" 200 429
- "-" "PMC/3.3.71.30.cpf" "-" "application/vnd.apple.mpeg
- url" 290 MISS "-" "/MVP/TTG/npvr-
- tbts/shls/LIVE\$STAR_TV_HD/LDj9Ok1ffdtFKPdnwI4_fyRe10-
- 35 k.axx_dxebKr1rvkG41Y_Qk5d3PrB"

Manifesto isteklerine karşılık gelen log satırları irdelenerek, içerik sağlayıcı CDN sunucularının (21) gelen tüm manifesto isteklerinden kaç adedine başarılı olarak dönebildikleri hesaplanacaktır. Bu aynı zamanda kullanıcı açısından VOD yayını başlatabilme başarı oranı olacaktır.

5

HTTP tabanlı protokollerde URL adresi formatındaki CDN sunucu (21) yanıtları söz konusu taleplerin ilgili sunucu tarafından ne şekilde değerlendirilebildiğine yönelik bilgiler veren durum kodlarını da içermektedir (HTTP Status Code /RFC2616). Bahsedilen durum kodları 3 haneli olup, genelde 200 ve 300'lü kodlar talebin CDN sunucu (21) tarafından kabul edildiğini ve işleyişin başarılı olarak değerlendirildiğini ifade etmektedir. 400 ve 500'lü kodlar ise talebin bir hata veya problemten ötürü (sunucu ilgili video paketlerini veritabanında bulamadı, sunucu CPU problemi, istemci talebi URL formatı geçersiz, istemcinin yetkisi yok vb.) olumsuz yanıtladığı anlamı taşımaktadır.

10

- 15 Buradan hareketle ilgili log satırları HTTP durum kodları dikkate alınacak şekilde incelenir. 200 ve 300 durum kodlarını içeren toplam log satır sayısı başarılı CDN sunucu (21) cevap adedine karşılık gelirken, diğerleri yayının kullanıcı ekranında başlayabilmesi için gerekli olan manifesto dosyasının bir problem nedeniyle sağlanamadığı durumları göstermektedir. Aşağıdaki gibi bir bölme işlemi, CDN sunucu (21) kaynaklı problemler göz önüne alınarak
- 20 VOD yayını başlatabilme başarı oranını verecektir:

$$= \frac{\sum(\text{HTTP 200 ve 300 durum kodu içeren URL adres satırları})}{\sum(\text{Manifesto dosyası taleplerine karşılık gelen URL adres satırları})}$$

25 C) Sunucu Kaynaklı VOD Yayınları Donma Problemlerinin Tespiti

Bu adımda HTTP tabanlı ABR protokollerinde CDN sunucu (21) kaynaklı donma problemlerinin de yine DWH biriminde (19) basit sorgular çalıştırılarak nasıl ölçülebilir olacağı açıklanmaktadır:

30

Video aktarım protokollerinin hepsinde (progressive ya da adapted olması farketmeksizin) içeriğin kullanıcı ekranında oynamaya başlayabilmesi (playback) için öncelikle uç ekipmanın (TV (51), akıllı telefon (62), tablet, laptop (61), vb.) ara belleğine (buffer) gereken miktarda veriyi indirmiş olması gerekmektedir. Buradaki veri miktarı özellikle ABR protokollerinde

35 diğerlerine oranla (UDP tabanlı RTP vb.) daha fazla olmaktadır. Çünkü yöntemin 2. adımının giriş paragrafında da açıklandığı gibi HTTP tabanlı ABR protokollerinde içerik, paketler şeklinde gönderilmek yerine, belirli uzunluklardaki (örneğin 5sn, 10sn, vb.) video

dilimlerinden oluşan chunk dosyaları ile taşınır. Servis sağlayıcı tarafından yapılan konfigürasyona bağlı olarak CDN sunucu (21) tarafında ve istemci yazılımında (STB (52) için portal, OTT istemcileri (60) için uygulama yazılımı) chunk dosyaları ile taşınacak olan video süresi ve istemci ara belleğinin dolması için gereken chunk dosyası adedi gibi ayarlanabilir parametreler belirlenir. Bu sayede uç ekipman marka modelinden bağımsız olarak tüm istemcilerin aynı standart ile veri akışı gerçekleştiriyor olması sağlanmaktadır.

$t(s)$: bir chunk dosyası ile taşınan videonun süresi

A: istemci buffer miktarı dolana kadar sunucunun aktardığı chunk adedi

10 $T(s)$: istemci buffer boşalana kadar müşteri ekranında oynatılabilen toplam video süresi

A ve $t(s)$ parametreleri için belirlenen sabit değerleri göz önünde tutarak CDN sunucunun (21) istemci chunk dosyası taleplerini, video akışında donmaya sebebiyet vermeden en fazla ne kadar süre içerisinde yanıtlaması gerektiğine dair yorum yapılabilir.

15

Yöntemin anlaşılabilmesi için örnek olarak; HLS protokolü ile sağlanan video aktarımında söz konusu parametreler için aşağıdaki değerleri kullanan bir servisi ele alalım.

$t(s)$: 5

A: 3

20

Bu durumda kullanıcı tercih ettiği bir filmi (VOD içeriği) başlatmak istediğinde, istemcinin 3 adet 5'er saniyelik video dilimlerini arabelleğine indirmesi gerekecektir. Bu işlem tamamlandığında (müşterinin mobil veya sabit altyapısının throughput performansına bağlı olarak arabelleğin dolması birkaç saniye sürecektir) video kullanıcı ekranında oynamaya başlayacaktır. Her bir video dilimi oynatıldığında ara bellekte yer açılacak ve istemci bir sonraki chunk dosyasını CDN sunucudan (21) talep edecektir. Dolayısıyla her bir chunk dosyası müşteri ekranında 5 saniye kadar video oynamasına karşılık geleceği için istemcinin tüm arabelleğinin boşalması için gereken süre,

25

30 $T(s) = A \times t(s)$

$T(s) = 3 \times 5s$

$T(s)$: 15 saniye olarak hesaplanmış olur.

35

Bu süre zarfında istemci en az bir video dilimini (chunk dosyası) daha CDN sunucudan (21) indirebilmiş olmalıdır. Aksi takdirde ara belleğe sıradaki dosya indirilene kadar video oynatımı duracak ve bu kullanıcıya ekranda yayının donması olarak yansıyacaktır. Buradan hareketle içerik sağlayıcı CDN sunucu (21) kaynaklı yayın donmalarının tespiti yapılabilir.

Daha önce de açıklandığı gibi HTTP protokolünde URL adres uzantıları ile mesaj tiplerini ayırt edebilmek mümkündür (chunk dosyaları için bkzn. RFC7230 4.1.1). Bu defa tüm log satırları içerisinde sadece istemci video dilimi taleplerini ve CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren satırlar filtrelenir. Bu işlem için kullanılan veritabanı altyapısına göre (SQL vb.) uygun sorgu komutu oluşturulur.

Örneğin; ABR tabanlı HLS (http live streaming) protokolü özelinde video dilimlerinin taşındığı chunk dosyaları .ts uzantısı ile sonlanmaktadır (http://example.com/first.ts RFC 8216 – 8 Playlist Examples). Böylece HLS protokolü kullanan bir operatörü düşünürsek, bu adımda yapılması gereken .ts ile biten istemci taleplerini ve CDN sunucu (21) yanıtlarını içeren log satırlarının filtrelenmesi olacaktır. Aşağıda ABR tabanlı bir protokol olan HLS için video dilimi dosyası (media segment file) talebi ve CDN sunucu (21) yanıtını gösteren örnek log satırı yer almaktadır;

```
- CDN 82.113.24.65 191.180.227.143 191.180.227.143:8080 170.55.87.140 - -
[02/Jul/2019:13:15:25.577 +0000] "GET
/5abe8eb47df8c82e914d4d3fe2d8e425/1478255433/TTG/vod-shls/shls/ttg.com-
FKEC3285752107301437/index.m3u8/F!d2EGSExCX1BPT05FX3ZPRBIFFP5...9BFUIWQwl
QChkmnw__/_Level(1165717)/Segment(5270000000).ts
HTTP/1.1" 200 395744 "-" "VisualOn OSMP+ Player(iOS)" "-" "video/mp2t" 177 HIT "-"
"/MVP/TTG/vod-shls/shls/ttg.com-
FKEC3285752107301437/index.m3u8/F!d2EGSExCX1BPT05FX3ZPRBIFFP5...9BFUIWQwl
QChkmnw__/_Level(1165717)/Segment(5270000000).ts
```

İlk satır istemciden söz konusu video dilimi için gelen talebe ait kaydı yansıtırken devamında CDN sunucunun (21) yanıtı yer almaktadır. Görüldüğü gibi hem talep hem de CDN sunucu (21) cevabı .ts uzantısı ile sonlanmıştır.

Donma yaşanan anların tespiti için ilgili log satırları analiz edilerek, içerik sağlayıcı CDN sunucuların (21) gelen tüm video dilimi isteklerine ayrı ayrı ne kadar sürede cevap verdikleri irdelenecektir. HTTP tabanlı protokollerde URL adresi formatındaki CDN sunucu (21) yanıtları söz konusu taleplerin ilgili sunucu tarafından ne zaman ve ne kadar süre içerisinde yanıtlanabildiğine dair bilgiyi zaten içermektedir (Date, Age /RFC2616). Örneğin; yukarıda paylaşılmış log satırındaki 177 değeri CDN sunucunun (21) yapılan talebi 17,7 saniye içerisinde cevapladığı anlamına gelmektedir. Loglarda yer alan bu bilgi kullanılarak video

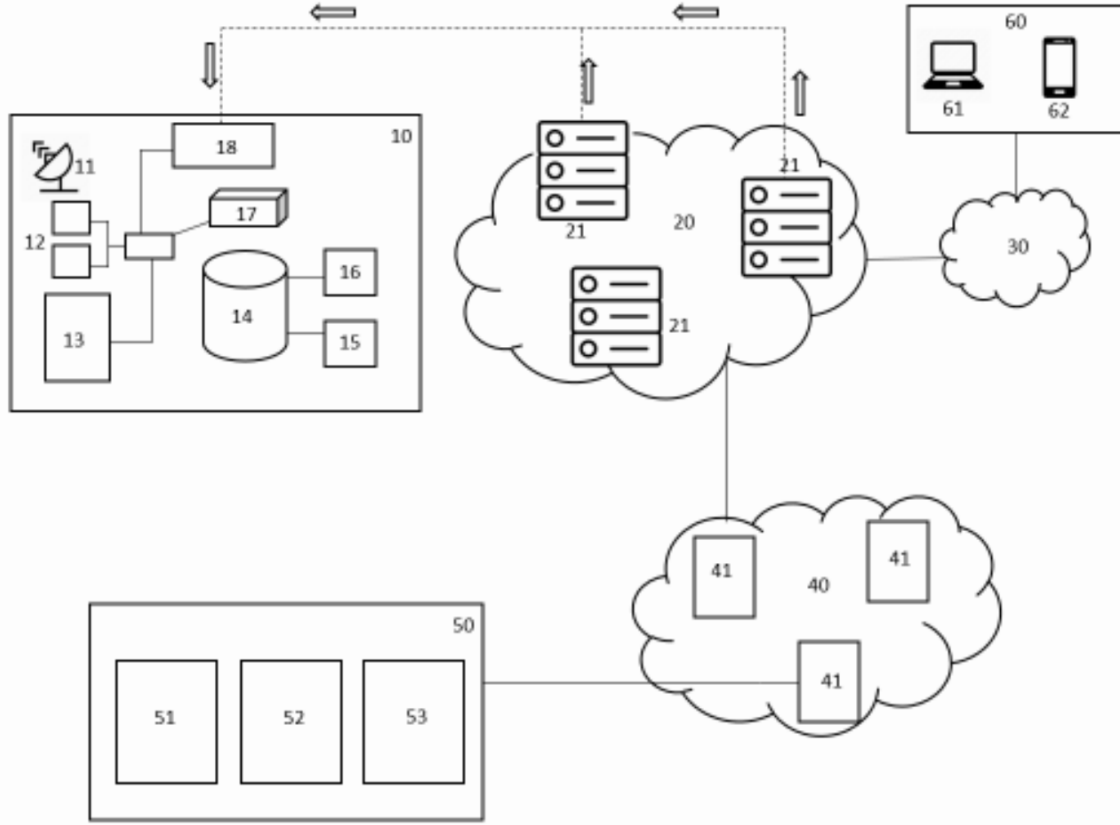
dilimi isteklerinin ne kadarının T(s) süresini aşmadan yanıtlanabildiği analiz edilebilir ve kullanıcı ekranında donmalara sebep olan gecikmiş CDN sunucu (21) yanıtları tespit edilebilir. Bu hesaplama log satırlarının oluşturulduğu tarih bilgisi baz alınarak DWH biriminde (19) belirli periyotlar için CDN sunucu (21) yanıtlarının ortalamaları şeklinde gerçekleştirilebilir. Bu şekilde Şekil-3'tekine benzer bir korelasyon grafiği elde edilecek olup, özellikle PrimeTime aralığında CDN sunucu (21) kaynaklı donma yaşanıp yaşanmadığının takibi yapılabilir olacaktır. Şekil-3'teki örnek grafikte T(s) süresi daha önce açıklandığı gibi 15 saniye olarak değerlendirilmelidir.

- 10 İsteğe bağlı olarak günlük, haftalık grafikler oluşturulabilir. Ayrıca, belirli bir periyot özelinde gelmiş olan tüm istemci video dilimi isteklerine karşılık CDN sunucuların (21) cevap verebilme süresi bazında başarı oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

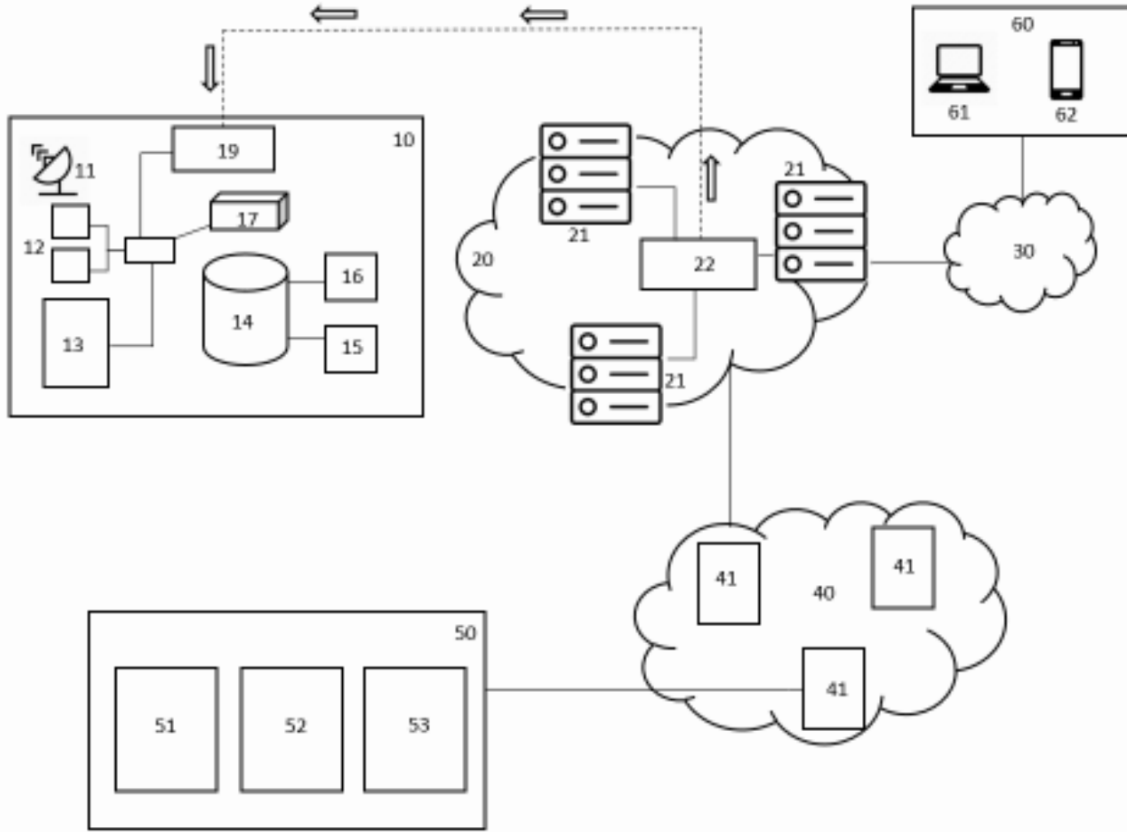
$$= \frac{\sum (\text{Cevap verme süresi} < T(s) \text{ olan URL adres satırları})}{\sum (\text{Chunk dosyası taleplerine karşılık gelen URL adres satırları})}$$

15

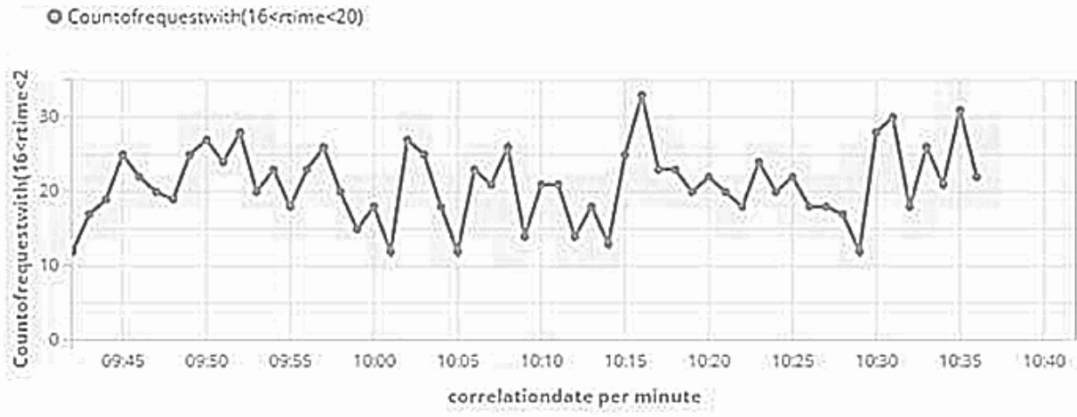
- Sonuç olarak, yukarıda detaylı olarak tarif edilen sistem ve yöntem ile servis sağlayıcı operatörler yüksek maliyetli yatırımlara gereksinim duymadan ABR protokolleri ile verdikleri video hizmetleri içinde uygulama seviyesinde CDN Sunucu (21) performans takibi yapılabilir olacaktır.
- 20



Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3