

Türkiye’de uydudan internete doğru gelişen Televizyon yayıncılık iletim teknolojisinde 5G kullanımı

Television Broadcasting Communication Technology from Satellite to Online TV in 5G: A Case Study for Turkey

Ünal DOĞAN^{1*}, Zhaleh SADREDDİN², Gökalp TULUM³

^{1,3} Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
unal@udposta.com, gokalptulum@arel.edu.tr

² Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
jalesadr@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 02.04.2021

Bölüm/Section: Mühendislik-Mimarlık ve Doğa Bilimleri/Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Kabul Tarihi/Accepted: 28.04.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

Özet

5G'nin yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte sadece endüstride ve üretim-tüketim biçimlerinde değil, teknolojinin kullanıldığı her alanda değişikliklerin olması öngörülmektedir. Bunların başında ise televizyon yayıncılığı gelmektedir. 5G teknolojisinin getirdiği yüksek kapasiteli ve düşük gecikmeli veri iletim imkânı yayıncılık sektöründe farklı deneyimlerin kapısını açmaktadır. Böylelikle, uydu yayınlarının devre dışı bırakılmasıyla birlikte televizyon işletmelerinin iletim maliyelerinde düşüş, izleyicilerin izleme konforunda artış, uydu kapasitelerinin efektif kullanılması, çevre ve görüntü kirliliğine yol açan ekipmanların da kaldırılmasıyla daha temiz ve güzel bir çevre oluşması öngörülmektedir. Bu çalışmada, uydu yayıncılığına alternatif olarak 5G teknolojisine dayalı iletim şeklini inceleyerek kullanıcıların davranışlarına göre maliyeti düşürmeye yönelik önerilerde bulunmaktayız.

Anahtar Kelimeler: 5G, televizyon, uydu, yayın.

Abstract

With the widespread use of 5G, it is predicted that there will be changes not only in industry and production-consumption forms but also in every field where technology is used. Television broadcasting comes first among them. The high-capacity and low-latency data transmission opportunity brought by 5G technology will open the door to different experiences in the broadcasting industry. Thus, with the disabling of satellite broadcasts, it is predicted that a cleaner and more beautiful environment will be created by reducing the transmission costs of television enterprises, increasing the viewing comfort of the audience, using satellite capacities effectively, and removing equipment that causes environmental and visual pollution. In this study, we examine the 5G-based transmission method as an alternative to satellite broadcasting and make suggestions to reduce the cost according to the behavior of the users.

Keywords: 5G, television, satellite, broadcast.

1. Giriş

5G kablosuz iletişim teknolojilerinin eşi görülmemiş kablosuz performans özellikleri sayesinde 1 milisaniyenin (ms) altında çok düşük gecikmeler, %99,99'a kadar ultra güvenilir aktarımlar sağlanması ve geniş bant gerektiren multimedya sistemler için önemli rol alacaktır [1]. 5G ve ötesi ağ mimarisinde, servis kalitesi (Quality of Service – QoS) üzerindeki değişiklikler ile internet televizyon (TV) kullanımı daha yaygınlaşacaktır. 5G, tüm erişim teknolojilerinin uyabileceği ortak bir ağ mimarisi tanımlamaktadır [2]. Aynı zamanda, ortak ağın sanallaştırılması, kullanıcılara akıllı TV hizmeti sağlama ve deneyim kalitesini (Quality of Experience-QoE) geliştirme potansiyeline sahiptir [3,4]. 5G'nin evrimi, iletişim ağlarının çeşitli alanlardan çok çeşitli ağ hizmetlerini kapsayacak kadar esnek hale geldiğini göstermektedir [5].

* Yazışılan yazar/Corresponding author: Ünal DOĞAN

¹ orcid.org/0000-0001-9832-6532; ² orcid.org/0000-0001-9423-2731; ³ orcid.org/0000-0003-1906-0401

Buna ilişkin olarak uydunun ana akıma, teknoloji yapısı ve uygulamalara nasıl entegre edileceği konusu büyük ölçüde gerçekteştirilecek değişikliklerle uçtan uca tam uyumla birlikte çalışabilirliği elde edilecektir. Böylelikle, hali hazırda maliyeti yüksek uydu kapasiteleri kiralarak gerçekteşen anlık ve geri dönüşümü olmayan TV yayıncılığına çözüm üretilecektir [6].

Halka açık internet bağlantılarına dayanılarak yapılan yayınlar internet TV olarak adlandırılmıştır. IPTV (Internet Protocol Television) ile internet TV, müşteriye garanti edilen hız kalitesi noktasında ikiye ayrılmaktadır. IPTV, uyduda var olan TV kanalının iletim şeklini değiştirerek kapalı bir ağ üzerinden video servisleri için müşterinin ihtiyacı olan bant genişliğini ve veri iletimini sağlamaktadır. İnternet TV ise müşteri için mevcut internet bant genişliğine göre uyarlanabilir bir video kalitesi sunmaktadır [7,8] Uydu iletişimi, 5G'de bant genişliği gerektiren gelişmiş mobil geniş bant (eMBB – enhanced mobile broadband) uygulamalarının sağlanması için kullanılmaktadır [9].

5G teknolojisine dayanılarak, TV kanallarının yayın uydusu yerine, mevcut internet üzerinden altyapı veya 5G üzerinden iletim şekli daha aktif kullanıldığında, TV'ler uydu kullanımını bırakacağı için uydu kapasitelerinde kullanım alanları oluşacaktır. Bu kullanım alanlarının savunma sanayi, hava araçları yönetimi veya internet iletiminin kıtalar arası taşınması için kullanılabilir hale geleceği öngörülmektedir. E. Musk'ın tüm dünyayı kapsayacak şekilde yüksek hızlı ve düşük gecikmeli kablosuz internet için kurmakta olduğu uydu ağı görüşlerimizi destekler nitelikte olup [10], TV kanallarından boşalan uydu kapasitelerinin kıtalar arası internet iletim modelinin hali hazırda uygulanış örneğidir.

Karasal 5G haberleşme hizmetinin gelişmesiyle birlikte uydu yayını ve televizyonun kullandığı frekans kaynakları olan C-bant frekansı 5G alçak frekans aralıkları için kullanılacaktır [11].

5G medya yayıncılığı da dahil olmak üzere farklı dikey endüstrilerde devrim yaratmayı hedefliyor. 5G devriminin gerçekte etkisi ve zaman çizelgesi görülmeye devam etse de 5G, özellikle yayıncılık ve geniş bant için karasal yayıncılığı birbirine bağlayan yeni birleşik platformlara dönüşen yeni yaklaşımlar düşünöldüğünde, yayın için bir tehditten ziyade bir fırsatı temsil edebilir [12].

5G, gelecekte televizyon endüstrisini kesinlikle değiştirecek ve müşterilere daha iyi fırsatlar sunacak olan televizyonun diğer teknolojilerle bağlama olasılıkları açıklanmıştır. 5G teknolojisinin geleneksel TV sinyal yayıncılığına göre ne gibi değişiklikler getirebileceği, bugüne kadar hangi testlerin yapıldığı ve 5G'nin TV sinyal yayıncılığındaki geleceği anlatılmıştır [13].

şu anda piyasada bulunan mobil ağı kullanan yayın sistemleri, TV istasyonlarının ihtiyaç duyduğu temel işlevleri sağlamakla birlikte, hala birçok sorun ve eksiklik bulunmaktadır. Mevcut sistemde var olan ana problemler ve mevcut kullanıcıların gerçekte ihtiyaçları ile birleştirildiğinde, 5G'nin özelliklerine dayalı yeni yayın sistemi geliştirilmeye başlanmıştır [14].

Bu çalışmada sunulan modelin, TV kanallarının yayın iletim şekillerini değiştirerek, yüksek maliyetleri ortadan kaldırıp daha düşük maliyetler ile daha kaliteli iletim sağlayabileceği öngörülmektedir. Buna ilişkin TV yayıncıları ve izleyicileri için avantaj ve dezavantajlar aşağıda özetlenmiştir.

İletimin uydu aracılığı ile sağlanması TV kanalları için maliyetli olduğundan TV yayıncıları sinyali iletilirken, veriyi sabit bir değere sıkıştırmak zorunda oldukları için kaliteden ödün vermek durumunda kalmaktadırlar. Oysaki internet üzerinden iletim sağlandığında yayın hem daha kaliteli hem de daha düşük maliyetli olacağından, internet üzerinden yapılacak yayıncılık izleyici ve yayıncı açısından daha avantajlı bir hal alacaktır. Dolayısıyla TV kanallarının en önemli gider kalemi olarak ortaya çıkan uydu maliyetlerinden kurtularak internet üzerinden yayınlarına devam etmesini önermekteyiz.

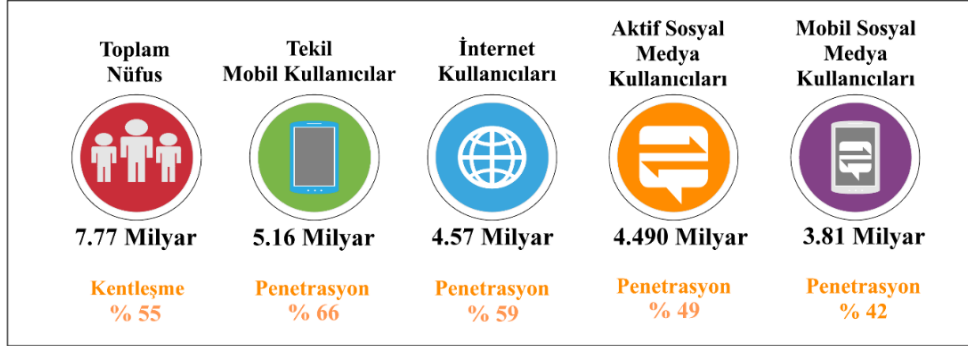
TV izleyicileri, TV yayınlarıyla halihazırda çoğunlukla uydu vasıtasıyla yayınlarla buluşurken sunulan / önerilen yeni modelde izleyici internet üzerinden yayına erişecek ve çok daha özgür ve konforlu izleme olanağına kavuşacaktır. Çünkü hem yapacağı özelleştirmelerle yayını -neredeyse- kendisi yönetebilecek hem de yayıncının sağlayacağı çeşitli interaktif uygulamalar vasıtasıyla kendisini yayın sürecinde karar verici bir boyut kazanmış -içerisinde pasif bir izleyici olarak değil, yayını yönlendirebilen- aktif bir birey olarak algılayacaktır. Aynı zamanda uydu donanımlarının ortadan kalkacağı da düşünölrse, çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlanacak ve teknolojidenden daima beklenen sadeliğe doğru bir adım daha atılmış olacaktır.

Yeni modelin işlerliğinin sağlanabilmesi için hem TV kanallarının hem de izleyicilerin bir defaya mahsus olmak üzere teknolojik yatırım yapması gerekecektir. Bununla birlikte yeni modelin kullanılması için internet altyapısı gerektiğinden dolayı, bu altyapıya sahip olamayan kullanıcılar sunulan yayınlara ulaşamayacaktır. Ancak bu sorunun geçiş döneminde, eski teknolojiye yapılacak küçük ve ucuz ilavelerle aşılacağı kanaatindeyiz. Çünkü TV yayıncılığının mevcut kitlesini az da olsa yitirmek gibi bir tercihi olabileceği kanaatinde değiliz.

TV kanallarının yeni sisteme entegrasyonu, personelin eğitimi, teknoloji firmaları tarafından yeni teknolojiyi barındıran cihazların üretimi, kullanıcıların yeni teknolojiye alişması ve bir kereye mahsus olarak yapılacak teknolojik altyapının kurulması maliyetli bir süreçtir. Bu durum dezavantaj olarak gözükse de maliyet açısından bakıldığında uydu yayınına göre internet yayınının uzun vadede büyük avantaj sağlayacağı öngörülmektedir.

1.1. Dünya ve Türkiye’ de TV sektöründe 5G’nin kullanım istatistikleri

Günümüzde, gerçekten “bağlı bir dünyanın” neye benzediğini görme eşiğindediriz. Şekil 1’de “We Are Social”ın ve “Hootsuite”in birlikte yayınladıkları 2020 2. Çeyrek Dünya İnternet, Sosyal Medya ve Mobil Kullanım İstatistikleri raporuna göre, yakın zamanda 6 milyar insan, 30 milyar cihaz ve 50 milyar makinenin çevrimiçi olacağı öngörülüyor. Bugünkü verilere göre; 4.57 milyar internet kullanıcısı (dünya nüfusunun %55’i) ve 5.16 milyar mobil kullanıcı mevcuttur. Dolayısıyla, bağlı bir dünya, her coğrafyada birbirine bağlı olan her şey, tüketici genişbant, mobil oyun ve bağlı araçlardan küresel iş ağlarına, gemilere, uçaklara, askerlere ve paramedik müdahale yapanlara kadar her uygulamayı destekliyor [15]. Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda, iletim şeklinin değişime açık olduğunu görebiliriz.



Şekil 1. Dünya internet kullanım urumu (We are social 2020, 2. çeyrek)

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre, Türkiye’de 2020’de 16-74 yaş grubundaki bireylerde internet kullanım oranı bir önceki yıla göre 3,7 puan artarak yüzde 79,0’a yükseldi. Hanelerin evden internete erişim imkanına sahip olma oranı da yüzde 88,3’ten yüzde 90,7’ye çıktı. Genişbant ile İnternete erişim sağlayan hanelerin oranı 2020 yılında %89,9 oldu. Buna göre hanelerin %50,8’i sabit genişbant bağlantı (ADSL, kablolu İnternet, fiber vb.) ile internete erişim sağlarken %86,9’u mobil genişbant bağlantı ile İnternete erişim sağladı. Genişbant İnternet erişim imkânına sahip hanelerin oranı bir önceki yıl %87,9 olarak gözlemlendi [16].

Radyo ve Televizyon Üst Kurulunca (RTÜK) gerçekleştirilen "2018 yılı Televizyon İzleme Eğilimleri Araştırması" nın sonuçlarına göre, izleyiciler, günlük ortalama 3 saat 34 dakika televizyon izliyor [17].

Türkiye’ de aktif internet kullanıcılarının %60’ı televizyon izlerken, %43’ünün cep telefonu, %30’unun masaüstü bilgisayarlarını, %11’inin ise tabletlerini kullandığı görülmektedir. Türkiye’deki aktif internet kullanıcılarının %43’ü internet üzerinden çevrimiçi olarak TV izlemektedir. Bu oran dünya ortalamasının %25’nin üzerindedir [18].

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmamızda kullanılan verileri oluşturmak için öncelikle üniversite öğrencisi, televizyon çalışanları, akademisyenler, öğretmenler gibi meslek gruplarında çalışan kişilerden aşağıdaki soruları içeren anket yöntemi ile online iletim şekli ile veri toplanması sağlanmıştır.

İzleyicilere sorulan sorular; “Abone Yaşı, Cinsiyeti, Medeni Durumu, İş Durumu, Evde Kablosuz (Wifi), Ofiste Kablosuz (Wifi), Dışarda Kablosuz (Wifi), İnternet Kullanım Şekli, Operatör, Uydudan TV, IPTV, WEB TV, TV İzlemiyor, Abonelik Süresi (Ay), Mevcut Data Paketi (GB), Aylık Data Kullanımı (GB), Abonelik Ücreti (TL), Ekstra Data Alımı (GB), Ek Ücret” şeklinde olmuştur. Sonrasında, Türkiye’de yayın yapan 6 tane haber kanalı ve medya grubundan 2020 yılına ait uydu kullanım ve internet kullanım detaylarını içeren veriler alınmış ve Tablo 1’deki şekilde oluşturulmuştur.

Tablo 1. 6 Haber kanalına ait 2020 yılı verilerine göre aylık uydu / internet maliyet tablosu

TV Kanal	Kiralanan Kapasite (MHZ)	Uyduya Kim Çıkıyor	Aylık Kira Bedeli (\$)	Elektrik Gideri (TL)	Cihaz Maliyeti (TL)	Stream Üretim Bedeli	İnternet Kullanım(mbit)	Aylık İnternet Bedeli (TL)
A	13.00	Kendisi	91.000	1.440	17.750	1.000	100.00	20.000
B	18.00	Kendisi	126.000	1.440	17.750	1.000	60.00	12.000
C	20.00	Kendisi	140.000	1.440	17.750	1.000	60.00	12.000
D	22.00	Kendisi	154.000	1.440	17.750	1.000	80.00	16.000
E	32.00	Kendisi	224.000	1.440	17.750	1.000	250.00	50.000
F	28.00	Kendisi	196.000	1.440	17.750	1.000	200.00	40.000

Televizyon kanal isimlerini belirtirken takma isim kullanılmıştır. Kiralanan kapasite mhz olarak, TV kanalının toplam kiraladığı kapasitesi olarak alınmıştır. Uyduya sinyali gönderme işlemini (uplink) her kanal kendisi yaptığını belirtmiştir. Aylık kira bedeli, uydu firmasının belirlemiş olduğu 1Mhz' in ücreti olan 7.000 USD üzerinden hesaplanarak alınmıştır. Elektrik gideri, uplink esnasında cihazların duyduğu güç oranında hesaplanmıştır. Uplink cihazlarının duyduğu toplam elektrik miktarı 2 kWh dır. Uplink yapabilmek için kullanılan cihazlar aylık bazda değerlendirildiğinde 2.500 USD maliyeti bulunmaktadır, bu maliyet TL ye (1 dolar = 7,1 TL kurundan) çevrilerek Tablo 1' e işlenmiştir. Yayın akışı (stream) üretim bedeli, televizyon kanallarının internet ortamına gönderecekleri verileri uygun hale getirmek için kodlama/yayın akışı (encoding/streaming) işlemine ihtiyaçları bulunmaktadır, bu işlem için harcanan bedeli göstermektedir. İnternet kullanım miktarı ise megabit (mbit) üzerinden belirtilmiştir. Telekom firmalarından alınan bedel ile aylık ödedikleri internet hat kirası da tabloya işlenmiştir.

Uydu, Telekom ve Elektrik firmalarından alınan aylık sabit değerler Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu veriler doğrultusunda televizyon şirketlerinin aylık olarak uydu ve internet için harcadıkları maliyet hesaplaması yapılmaktadır.

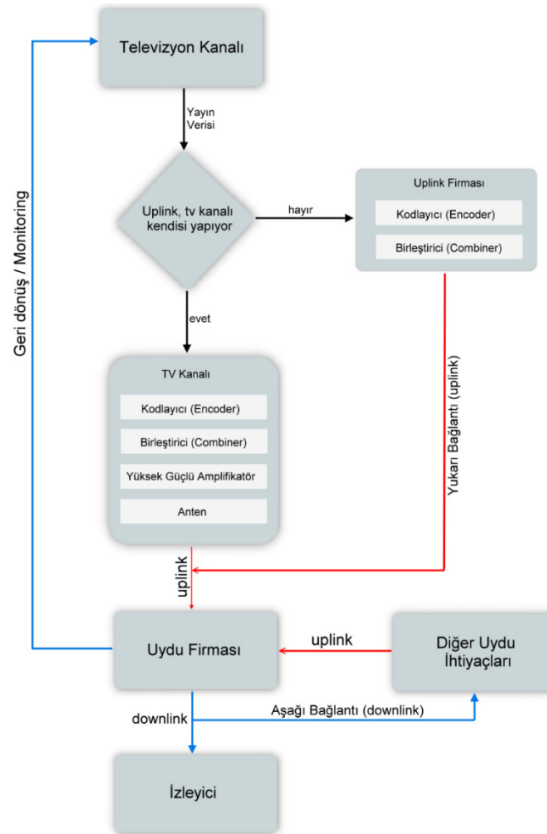
Tablo 2. Uydu firması, Telekom ve Elektrik maliyet tablosu

1 Mhz Uydu Kapasite Ücreti	49.700 TL
1 KW Elektrik Ücreti (saat)	0.53 TL
Aylık Uplink Cihaz Kira Bedeli	18.000 TL
Metro İnternet Bedeli (20 mbit)	2.500 TL
Aylık Fiber İnternet Kullanım Bedeli (mbit)	200 TL

2.2. Metodoloji

5G teknolojisiyle birlikte, bant genişliğinin artması ve gecikmenin azalmasıyla iletimin daha kaliteli hale gelmesi sağlanacaktır. Böylelikle izleyiciler TV yayınlarına internete bağlanabilen her türlü cihazdan, mekân kısıtlaması olmaksızın ulaşabilecekler ve yayınları daha düşük maliyetle daha kaliteli bir şekilde izleyebileceklerdir.

Buna göre televizyon kanallarının içeriklerini izleyicilere iletmek için uydu veya internet üzerinden iletim sağlaması gerekmektedir. Bu durumu aşağıdaki iki durum üzerinden gösterilmiştir. İlk durum, televizyon kanalının içerik verisini izleyiciye uydu üzerinden göndermektedir. Şekil 2'de Uydu yayın iletim sistem modeli verilmiştir. İkinci durum ise, aynı veriyi internet ağı üzerinden iletmektedir. Şekil' de ise internet yayın iletim sistem modeli verilmiştir.

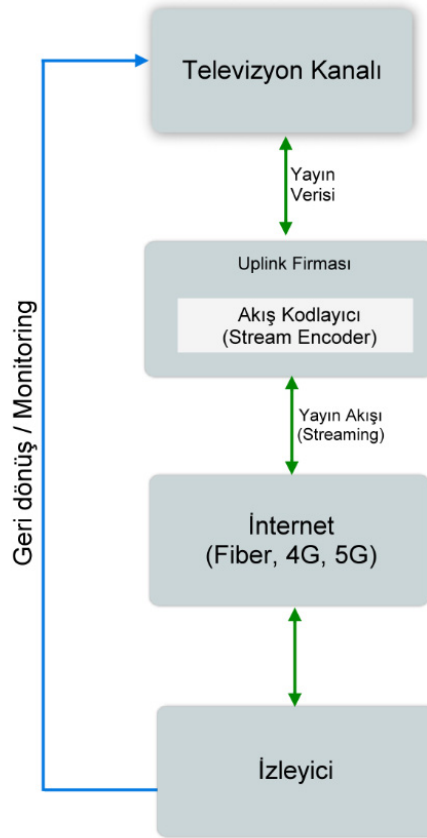


Şekil 2. Uydu üzerinden yayın iletim sistem modeli

şekil 2’de görüldüğü gibi TV yayımları, içeriklerini izleyicilere iletebilmek için oluşturulan sinyali uyduya gönderirken, izleyiciler ise evde kullandıkları donanım (çanak anten, receiver vb.) vasıtasıyla uydudan gelen sinyallerin dönüştürülmesiyle yayımlara ulaşabilmektedirler. Bu iletim şekli TV kanalları ile izleyici arasında TV’lerin bütçelerinin elverdiği teknik kalitede devam etmektedir. Zira, TV kanalları için uydu maliyetleri yüksek olduğundan iletilmek istenilen yayın kalitesi sabit değerde (SD/HD) tutulmaktadır. Bununla birlikte, kapsama alanı TV’nin uyduda bulunduğu taşıyıcı ile bağlantılı ve sınırlıdır. Aynı zamanda, teknik yedeklemenin sağlanması maliyeti katlamaktadır. şekil 2’deki gibi uydu üzerinden iletim modelinde televizyon kanalı, elde ettiği yayın sinyalini kendisi uyduya çıkabilirken (uplink), taşeron firma üzerinden de sinyali uyduya gönderilebilmektedir. Yayın uydusuna iletilen sinyal ise, izleyici veya diğer uydu ihtiyaçları (savunma sanayi, kıtalar arası internet iletimi gibi) tarafından indirilerek (downlink) ulaşmaktadır.

Aynı şekilde izleyici, TV’nin göndermiş olduğu sinyali izleyebilmek için bir donanım yatırımı yapmaktadır ve bu yaptığı yatırımla sadece TV’nin verdiği sabit kaliteyle sunulan yayını izlenebilmektedir. Aynı zamanda izleyicinin daha çok içerik için çeşitli platformlara (Digitürk vb.) ekstra ücretler ödemesi gerekmektedir. Hiç şüphesiz mevcut tabloda izleyici lehine bazı gelişmeler gözlemlenmekle birlikte bu iyileştirmeler, eski ve yeni teknoloji arasındaki kaçınılmaz geçiş döneminin yeni teknolojinin yetersiz fragmanları olarak da okunabilir.

şekil 3’te yayın verisinin iletiminin internet aracılığı ile yapıldığındaki senaryo gösterilmektedir. Uydu üzerinden iletim sağlayabilmek için hazırlanan akışa göre daha sade ve maliyeti son derece düşük olan bir model söz konusudur. Aynı zamanda televizyon kanalları açısından değerlendirdiğimizde bu yöntemin ölçülenmesi de uydu üzerinden iletime göre daha kolay ve basit olduğunu söyleyebiliriz.



şekil 3. İnternet üzerinden yayın iletim sistem modeli

Önerdiğimiz yeni modelde, TV kanallarının yayın içerikleri, uydu yerine internet teknolojisi ile iletilmektedir ve bu durum maliyetleri düşürmektedir. Kablosuz iletişimin 5G ile güç kazanması, kablosuz iletimdeki problemlerin (gecikme, servis kalitesi, bant genişliği) ortadan kalkması ile bu iletimin kablolu ve kablosuz internet kullanan cihazlara daha verimli iletilmesi sağlayabilecektir. Böylelikle TV kanallarının iletim şeklini değiştirmesi hız kazanacak ve yayıncılık için uydu gerekliliği ve maliyeti ortadan kalkacaktır. Aynı zamanda yayın kalitesinde çeşitlilik söz konusu olabileceği gibi, televizyon kanallarının internet olan her noktadan yayın yapması daha kolay olacak ve maliyeti düşük olacaktır.

2.2.1. Uydu üzerinden iletim maliyet hesabı

Türkiye’de faaliyet gösteren TV kanalları ile görüşmelerimizin ardından alınan teknik veriler doğrultusunda, TV kanalının aylık uydu masraflarına ulaşılmıştır. TV kanalının aylık uplink maliyetini hesaplamak için aşağıdaki optimizasyon formülü geliştirilmiştir.

$$TV_m = (\mu * T) * \beta \quad (1)$$

Burada, TV_m TV kanalının aylık uydu giderini, μ 1 Mhz lik uydu kapasitesini, T kapasite miktarını ve β ise 1 Mhz' in aylık ücret sabitini göstermektedir [19].

Bir sinyalin uyduya çıkabilmesi için, TV kanalı veya uydu işletmesi tarafından uplink hizmeti sağlanması gerekmektedir. Eğer bu işlemi TV kanalı kendisi yapıyorsa, donanım ve elektrik gideri vardır. TV kanalı sinyali uyduya gönderme işlemini, uydu firmasına yaptırıyorsa, aylık uplink kira bedeli ve sinyali uydu firmasına iletmek için metro internet hat kiralaması gerekmektedir (Denklem (3) ve Denklem (4)). Bu bilgiler doğrultusunda, TV kanalının uyduya sinyal gönderme işlemi göz önünde bulundurularak toplam uydu maliyeti aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir. Eğer TV kanalı uplink işlemini kendisi gerçekleştiriyor ise;

$$e = (h * t * ti)H \rightarrow \text{aylık elektrik gideri} \quad (2)$$

Burada, e aylık elektrik giderini, h kullanılan saatlik kWh değerini, t zaman sabitini, ti gün sabitini, H ise saatlik kWh değerinin TL karşılığını göstermektedir.

$$TV_{gider x1} = D * (TV_m + (e + r1)) \quad (3)$$

Burada, $TV_{gider x1}$ TV'nin uyduya yayın verisini gönderme işlemini TV kanalı kendisi yapıyorsa ki durumuna göre maliyet hesaplanmasını, D televizyonun uyduya çıkış durumunu göstermektedir, uplink işlemini TV kendisi yapıyor veya uplink işlemini televizyon kanalı kendisi yapmıyor şeklinde tanımlanmıştır. e Aylık uplink elektrik giderini, $r1$ ise aylık donanım kiralama maliyeti göstermektedir.

Eğer TV kanalı uyduya kendisi çıkmayıp aracı bir firma yardımı ile uyduya çıkması gerekiyorsa, ürettiği yayın sinyalini aracı firmaya iletmek için metro internet vb bir ağa ihtiyacı bulunmaktadır. Bu durumda uplink işleminin maliyet hesabı aşağıdaki formülle gösterilmiştir. Eğer TV kanalı uplink işlemini üstlenici başka bir firma üzerinden sağlıyorsa;

$$TV_{gider x2} = D' * (TV_m + (u + r2 + m)) \quad (4)$$

Burada, $TV_{gider x2}$ TV'nin uyduya yayın verisini, uydu firması üzerinden yaptığı duruma göre uydu maliyetini göstermektedir, TV kanalının uplink işlemini uydu firmasına yaptırması durumundaki uplink masrafı, u aylık uydu firması uplink kirasını, $r2$ aylık donanım kiralama maliyeti, m ise aylık metro internet kira maliyetini göstermektedir. TV kanalı için toplam gider fonksiyonu denklem 5 de gösterilmiştir.

$$Z = \sum TV_{gider x1} \mid \sum TV_{gider x2} \quad (5)$$

Burada, Z TV kanalının sinyali uyduya göndermek için kullandığı yöntemdir. Sinyali uyduya kendisi çıkarır veya sinyali uyduya uydu firması üzerinden çıkarmasına göre $\sum TV_{gider x1}$ veya $\sum TV_{gider x2}$ toplamları uydu maliyetini göstermektedir.

2.2.2. İnternet üzerinden iletim maliyet hesabı

TV yayının internet ortamı üzerinden iletim sağlanması için yapılan maliyet denklem 6 de gösterilmiştir.

$$TV_{\phi stream} = S + C + (\beta_{rate} * \alpha) \quad (6)$$

Burada, $TV_{\phi stream}$ TV kanalının internet ortamına yaptığı yayın akış (stream) maliyetidir, S yayın akış kodlama (stream encoding) bedelini, C içerik dağıtım ağ kira bedelini (content delivery network CDN), β_{rate} yayın sinyalinin stream olarak internet ortamına çıkışının yapılacağı mbit-rate sabitidir, α ise mbit-rate birim miktar fiyat sabitini göstermektedir.

Uydu ve internet maliyetlerini hesaplayıp aşağıdaki şekilde oran kurarak, ne kadar fazla maliyet olduğunu hesaplamış oluruz.

$$E_{tv} = Z / TV_{\phi stream} \quad (7)$$

Burada, E_{tv} TV kanalı için aylık maliyeti gösteren oran formülüdür. Z Uydu maliyetini gösterir, $TV_{\phi stream}$ ise TV kanalının internet stream maliyetini göstermektedir.

Bu çalışmada Türkiye'de hizmet veren 6 Televizyon Haber kanalının aylık uydu ve internet masrafları alınmış (Tablo 2) ve bu değerler için toplam maliyet hesaplanmıştır. Tablo 3'te TV Kanalının uyduya kendisi çıktığı durumdaki veri tablosu verilmiştir.

Televizyon kanalı uyduya kendisinin çıktığı durumda aşağıdaki veriler alınmış ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3. TV kanalının uyduya kendisi çıktığı andaki veri tablosu

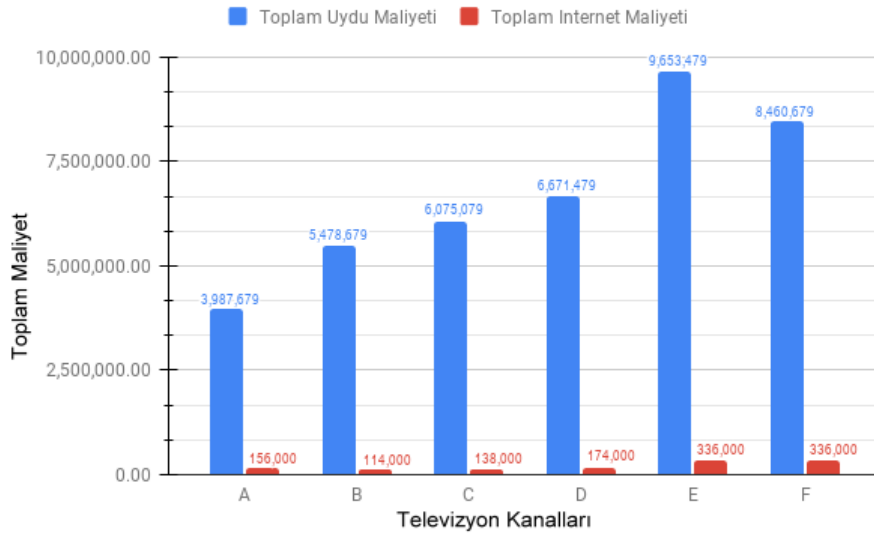
Televizyon Kanalları	T (mhz)	TVm=(μ *T) * β	h	h*t*ti	e=((h*t*ti)*H)	r1	TV Gideri (TL)
A	13	646.100	2	1.440	763	17.750	664.613
B	18	894.600	2	1.440	763	17.750	913.113
C	20	994.000	2	1.440	763	17.750	1.012.513
D	22	1.093.400	2	1.440	763	17.750	1.111.913
E	32	1.590.400	2	1.440	763	17.750	1.608.913
F	28	1.391.600	2	1.440	763	17.750	1.410.113

Televizyon kanalının içeriğini internet ortamından izleyicilere ulaştırdığı durum için gerekli bilgiler alınmış ve hesaplamalar Tablo 4'teki şekilde yapılmıştır.

Bu veriler doğrultusunda Şekil 4'teki grafikte görüldüğü gibi, televizyon kanalları için uydu iletim şeklinin internet iletim şeklinde göre daha karlı olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 4. TV Kanalının internet üzerinden içerikleri yayınladıkları durumdaki gider tablosu

Televizyon Kanalları	S	C	β rate	TV Gideri (TL)
A	1,000	5,000	100	26,000
B	1,000	6,000	60	19,000
C	1,000	10,000	60	23,000
D	1,000	12,000	80	29,000
E	1,000	5,000	250	56,000
F	1,000	15,000	200	56,000



Şekil 4. Türkiye'de 6 Haber TV kanalı için uydu ve internet maliyet grafiği

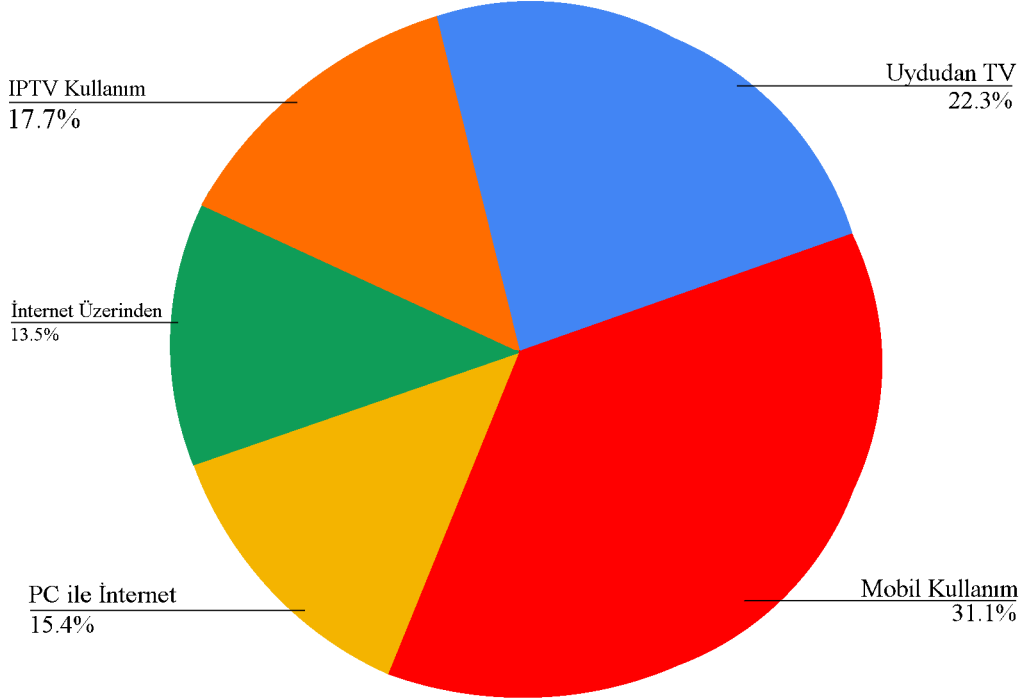
2.2.3. İzleyici açısından içerik maliyet hesabı

İzleyicilerin içerikleri uydu yerine internet ortamında tüketim sağladıklarındaki maliyet hesabı formül 8 de gösterilmiştir. Uydu üzerinden izleme yapan kullanıcının, aynı zaman aynı içeriği belirli bir kalitede internet üzerinden tükettiğindeki durumda ortaya çıkan maliyet hesabı:

$$data = (U * P * t \left(\frac{m}{w}\right)) / 1024 \quad (8)$$

Burada, *data* internet kullanımı için gereken toplam megabyte değeri üzerinden gereken içerik büyüklüğünü göstermektedir, *U* uydu üzerinden ortalama kullanıcı izleme süresini göstermektedir, *P* izleme kalitesini göstermektedir (dakikalık megabyte), *t* gün sayısını göstermektedir, *m* mobil veriyi, *w* kablosuz veriyi göstermektedir.

Türkiye’deki 100 izleyiciden, yaş durumları, medeni durumları, çalışma durumları ile günlük olarak, uydudan TV izleme süresi, mobil kullanım süresi, PC ile internete bağlanma süresi, internet üzerinden video izleme süresi ve IPTV kullanım süreleri anket yolu ile alınmış ve toplanan veriler optimizasyon işleminden sonra analiz edilmiştir. Şekil 5’teki grafikte görüldüğü üzere, 100 kişiye ait toplam IPTV, uydudan internet, PC ile internete Bağlanma, Mobil kullanım süreleri verilmiştir. Burada da görüldüğü üzere, IPTV Kullanım, %17.7, Uydudan TV %22.3, Mobil Kullanım %31.1, PC ile internete bağlanma %15.4, Internet üzerinden İçerik Tüketme %13.5 olarak gözlemlenmiştir. Anket sonucundan görüğümüz üzere, Internet tabanlı iletim Őeklindeki kullanımın, uydu üzerinden içerik tüketimine göre 77,8 oranında fazla olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Türkiye’de 6 Haber TV kanalı için uydu ve internet maliyet grafiği

Aynı istatistikte uydu üzerinden ortalama TV izleme süresi incelendiğinde 262,8 dakikalık izleme süresi değerine ulaşılmıştır. Ayrıca IPTV kullanıcılarından elde edilen IPTV izleme karakteristiği olarak %82 kablosuz bağlantı, %18 olarak ise mobil operatör bağlantısını tercih ettikleri görülmektedir. Bir dakikalık içeriğin kalitesine bağlı olarak harcadığı veri miktarı 720p için 14.4MB ve 440p için 7.7MB olduğu düşünülürse Uydu kullanıcılarının izleme alışkanlıklarını internet ortamına aktarmaları durumunda gerekli olacak ortalama veri miktarı Tablo 5’te verildiği gibi olacaktır.

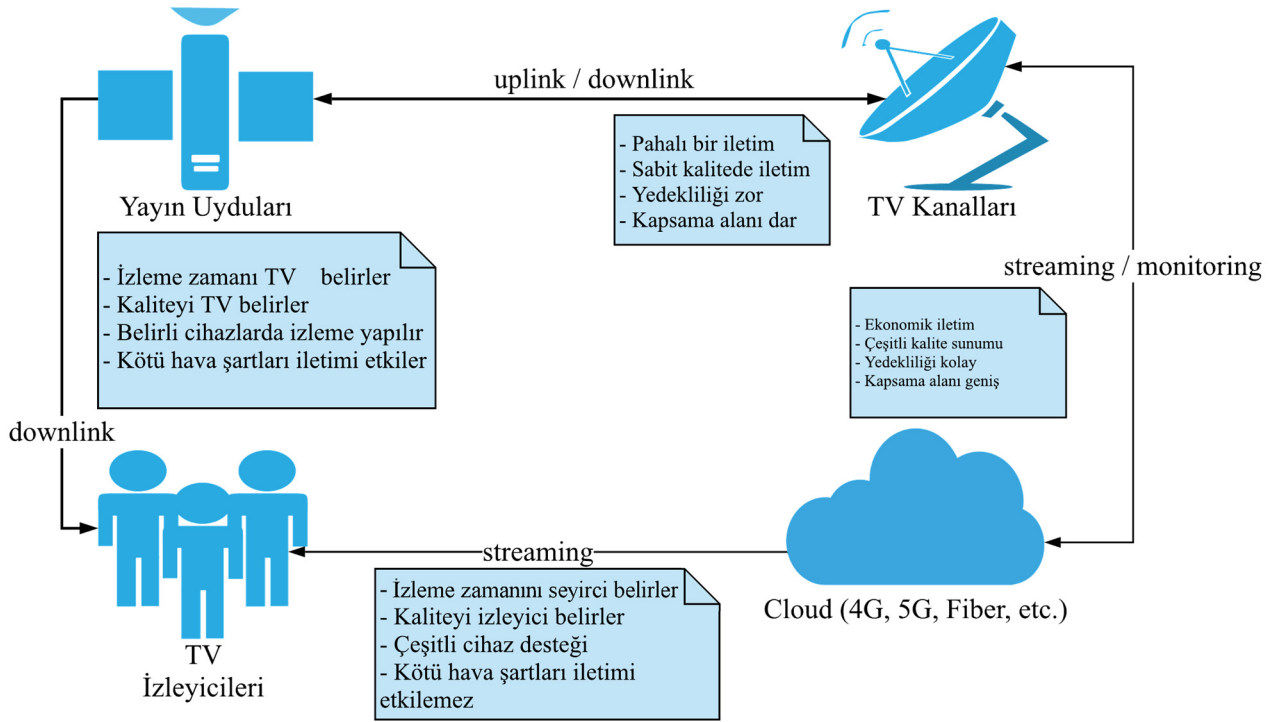
Tablo 5. İzleyicinin uydu yerine internet ortamından içerik tükettiğindeki ihtiyaç duyulan maliyet

Ortalama Kullanıcı TV İzleme Süresi (dakika)	İzleme Kalitesi (dakikalık mb)	Gün Sayısı	mobil/wifi	$data=(U*P*t*(m/w))/1024$	Mobil Kullanım (GB) (%18)	Wifi Kullanım (GB) (%82)
262.8	14.5 (720p)	30	1	111.6386719	20.09496094	91.54371094
262.8	7.7 (480p)	30	1	59.18632813	10.65353906	48.53278906

3. Sonuç ve Tartışma

Servis kalitesinin gelişmesiyle ve kablosuz iletim kalitesindeki düzeltmelerle birlikte, TV kanallarının internet teknolojisi ile içeriklerini izleyicilere daha kaliteli olarak iletimi mümkün olacaktır. Bununla birlikte, TV kanallarının, uydu maliyetlerinin ortadan kalkmasıyla, yüksek tasarruf sağladıkları görülmektedir. İletim Şeklinin değişmesi, kaliteli içerik sağlanması ve izleyicilerin isteklerine daha rahat cevap verilmesi açaşından fayda sağlayacaktır.

Önerdiğimiz çalışmanın avantaj ve dezavantajlarını Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Uydu / İnternet iletim şekli avantaj / dezavantaj diyagramı

Uydu üzerinden yapılan iletim seyirci açısından değerlendirildiğinde; izleme zamanı televizyon kanalı tarafından belirlenmektedir aynı şekilde yayın kalitesi televizyon kanalı tarafından belirlenirken, izleme yapılan cihazlarda sadece televizyon vb cihazlar üzerinden yapılabilmektedir. Kötü hava şartları iletilen yayının seyircilere ulaşmasını da etkilemektedir.

Uydu üzerinden iletilen yayın, televizyon kanalı açısından değerlendirildiğinde, uydu frekans maliyetlerinden dolayı, pahalı bir iletim şeklidir, televizyon kanalının önceden belirlediği bir kalite üzerinden yayını iletilmesi gerekmektedir ve değişimi söz konusu değildir. Yayıncılıkta yapılan her işlemin bir yedeği düşünülür ki, kesinti olmaksızın 7/24 yayın iletimi olsun, bu durumun sağlanması uydu üzerinden düşünüldüğünde zor ve maliyeti yüksektir. Kapsama alanı ise uydunun bulunduğu konumla doğru orantılıdır.

Önerdiğimiz modelde ise, iletim şekli televizyon açısından maliyeti çok düşüktür. Çeşitli kalitelere iletim mümkündür. İletilen yayının yedekli olarak sağlanması uydu iletim şekline göre maliyeti daha düşük ve daha kolaydır. Kapsama alanı ise internetin iletildiği her ortamı kapsamaktadır.

İnternet ortamından iletilen yayın, internete bağlanabilen ve izleme yapılabilen donanım haricinde ekstra bir donanım maliyeti söz konusu olmayacaktır. Bununla birlikte, izleme zamanını seyirci kendisi belirlemektedir. Beraberinde izleme yapılacak cihaz çeşitliliği de söz konusudur. Kötü hava şartları gibi durumlarda da bir etkilenme söz konusu değildir. Bu durum İzleyici açısından değerlendirdiğimizde, uydudan sağlanan içerik yerine internet ortamından sağlanan içerik, izleme konforunun artıracaktır. Kablosuz teknolojiler sayesinde içeriklere ulaşma sabit olmaktan çıkacak, kişi istediği noktadan istediği içeriğe ulaşılacaktır ve istediği içeriği izleyebilecekler. Sadece izleyici açısından internet maliyeti getirecektir. Sunduğumuz istatistik ve anket sonuçlarına göre internet kullanımının, elektrik, su kullanımı gibi standart bir hale dönüştüğü gözlemlenmektedir. Bu durumun 5G' nin yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte hem daha hesaplı hem de daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Yukarıda bahsedilen televizyon kanallarının internet ortamından yayın gönderme durumu, şu an yapılamıyor sorusu akla gelmektedir. Şu an bu hizmetin uydu iletiminin yanında birçok TV kanalında mevcuttur, fakat bu durum izleyici açısından da televizyon kanalları açısından da efektif bir kullanıma sahip değildir. Efektif olamama durumu ise, internet hizmetlerinin günümüzde henüz gelişmemiş olması, internet ağı üzerinden sunulan içeriklere ulaşırken gecikme, düşük kalite, düşük çözünürlük gibi izlenme kalitesini düşüren durumları ortaya çıkarabilmektedir. Oysaki 5G' nin yaygın olarak kullanımı ile, 5G' nin özellikleri ile bu durum ortadan kalkmış olacağı öngörülmektedir.

Uydu firmaları açısından, uydudan yayını sonlandıran TV kanalları, uydu firmaları için bir kazanç kaybı olarak gözüke de TV kanallarından açılan kapasiteler, başka amaçlar için -savunma sanayi, hava araçları, internet aktarımı gibi-kullanacaklardır. Kısacası, TV kanallarının uydu kullanmama durumunu yeniden değerlendirecek olursak, kayıp gibi gözüken bu durumun uzun vadede daha fazla kazanç sağlayacağı öngörülmektedir.

TV uydusunun TV kanallarından boşalan yerleri daha efektif kullanabilmeleri için oluşturulmuş olan fayda fonksiyonu öneri olarak aşağıdaki şekilde sunulmuştur.

$$S = TV_{ch} - (Data_{iletim} + G) \quad (9)$$

Burada S , uydu firmasının fayda fonksiyonudur. TV_{ch} Uydudan ayrılmış TV kanalını gösterir, $Data_{iletim}$ kablosuz iletişimin kıtalar arası aktarılması için kullanılan sabit, G ise uydunun diğer işlemler için (savunma sanayi, hava taşıtı iletişimi) daha etkin kullanma sabitidir.

Yapılan literatür taramasında benzer bir çalışmanın yapılmadığı görülmüş ve bu çalışma ile 5G' nin yaygın olarak kullanılması ve uydu üzerinden devam eden yayınların iletim şeklinin değişmesiyle, izleyici, televizyon kanalları ve uydu firmaları için fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

4. Kaynaklar

- [1] Gomez-Barquero D, Li W, Fuentes M, Xiong J, Araniti G, Akamine C ve Wang J. "IEEE Transactions on Broadcasting Special Issue on: 5G for Broadband Multimedia Systems and Broadcasting". *IEEE Transactions on Broadcasting*, 65(2), 351-355, 2019.
- [2] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. "5G ve Ötesi Beyaz Kitap". <https://btk.gov.tr/uploads/announcements/5g-ve-otesi-beyaz-kitap/5g-ve-otesi-beyaz-kitap.pdf> (14.01.2021).
- [3] Jawad N, Salih M, Ali K, Meunier B, Zhang R, Zhang X, Zetik R, Zarakovitis C, Koumaras H, Kourtis MA, Shi L, Mazurczyk W ve Cosmas J. "Smart Television Services Using NFV/SDN Network Management". *IEEE Transactions on Broadcasting*, 65(2), 404-413, 2019.
- [4] Kishigami J. "The Role of QoE on IPTV Services style". *Ninth IEEE International Symposium on Multimedia*, Taichung, Taiwan, 2007. doi: 10.1109/ISM.2007.4412350.
- [5] Kourtis M A, Blanco B, Pérez-Romero J, Makris D, Mcgrath M J, Xilouris G, Munaretto D, Solozabal R, Sanchoyerto A, Giannoulakis I, Kafetzakis E, Riccobene V, Jimeno E, Kourtis A, Ferrús R, Liberal F, Koumaras H ve Kostopoulos A. "A Cloud-Enabled Small Cell Architecture in 5G Networks for Broadcast/Multicast Services". *IEEE Transactions on Broadcasting*, 65(2), 414-424, 2019.
- [6] Evans B, Onireti O, Spathopoulos T ve Imran MA. "The Role of Satellites in 5G". *ASMS/SPSC*, Nice, France, 8-10 Sep. 2014.
- [7] Yarali A ve Cherry A. "Internet Protocol Television (IPTV)". *TENCON 2005-2005 IEEE Region 10 Conference*, Melbourne, VIC, Australia, 2005. doi: 10.1109/TENCON.2005.300861.
- [8] Magri M and Iano Y. "How to architect an IPTV system". *Eighth International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, Santorini, Greece, 2007. doi: 10.1109/WIAMIS.2007.49.
- [9] Ge C, Wang N, Selinis I, Cahill J, Kavanagh M, Liolis K, Politis C, Nunes J, Evans B, Rahulan Y, Nouvel N, Boutin M, Desmats J, Arnal F, Watts S ve Poziopoulou G, "QoE-Assured Live Streaming via Satellite Backhaul in 5G Networks". *IEEE Transactions on Broadcasting*, 65(2):381-391, 2019.
- [10] Michael K. "SpaceX Confident About Its Starlink Constellation for Satellite Internet; Others, Not So Much". <https://spectrum.ieee.org/aerospace/satellites/spacex-confident-about-its-starlink-constellation-for-satellite-internet-others-not-so-much>. IEEE Spectrum, 2019.
- [11] Han H, Cai Y, Zhang J. *Sharing C-band Frequency Between Satellite and Terrestrial 5G Communication Systems*. Eds: Wang Y, Xu L, Yan Y, Zou J. Signal and Information Processing, Networking and Computers. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 67, Springer, Singapore, 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4102-9_12
- [12] Gomez-Barquero D, Lee JY, Ahn S et al. "IEEE Transactions on Broadcasting Special Issue on: Convergence of Broadcast and Broadband in the 5G Era". *IEEE Transactions on Broadcasting*, 66(2), 383-389, 2020. doi: 10.1109/TBC.2020.2985493.
- [13] Balaš T. TV Broadcasting in 5G. Doctoral dissertation, University of Dubrovnik, Dubrovnik, Croatia, 2021.
- [14] Qiang H. "Consumption Reduction Solution of TV News Broadcast System Based on Wireless Communication Network". *Complexity*, Article ID 9936803, 13 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9936803>.
- [15] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. "The State of Internet in Q4 2018". <https://wearesocial.com> (18.02.2021).
- [16] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). "Hane Halkı İnternet Kullanımı". <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33679> (26.02.2021).
- [17] Radyo ve Televizyon Üst Kurulu (RTÜK). "Televizyon İzleme Eğilimleri Araştırması". <https://www.rtuk.gov.tr/assets/Icerik/AltSiteler/televizyon-izleme-egilimleri-arastirmasi-20060053.pdf> (26.02.2021).
- [18] Ünalı A. *Televizyon Teknolojilerinde Doping Etkisi*, CreateSpace Independent Publishing Platform, Kaliforniya, ABD, 2015.
- [19] Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş. "Konu". <https://www.turksat.com.tr> (25.11.2020).