

## Internet'te oulortam: sorunlar ve ozmler

Refik C. Arkut  
[refik.arkut@gmail.com](mailto:refik.arkut@gmail.com)

İbrahim C. Arkut  
[i.cahit@gmail.com](mailto:i.cahit@gmail.com)

Kamu Internet ve kurumsal özel intranetler de dahil olmak üzere, Internet Protokolü (IP) ağları artık sadece veri iletiminde değil, ses ve hareketli görüntü (video) işaretlerinin de iletiminde gün getikce yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ağların performanslarında zaman zaman aksamalar olsa da, kullanıcılar geleneksel telefon ağları gibi bizlere her zaman hizmet etmeye hazır olduklarını ya varsaymaktalar veya öyle olmasını istemektedirler. Bu konferans serisinin başlangıcında Internet'te çevirmeli erişim, eğer ağa erişebilirseniz, nasıl doğru dürüst kesilmeden çalışır, hatta çalışsın da beklemeye razıyız tartışmaları, nasıl oldu da şimdi etkileşimli çoğulortam iletişimi için küresel bir altyapı tartışmalarını içerecek kadar ileriye gitti? Genişband erişiminde, rneğin DSL, kullanıcıların veri erişim hızları için talepleri sürekli artmakta, yeni alternatif telekom operatörleri ve yerleşik telekom operatörleri ağlarını tümüyle IP temelli 'Yeni Kuşak Ağ' (NGN) mimarisine uygun mimaride hazırlamaktalar. Basit e-posta veya web gezinme uygulamaları yanı sıra dizüstü bilgisayarlar, kablo set-üstü kutular hatta hücresel telefonlar arasında tam çoğulortam iletişim ortamı nasıl sağlanmakta veya altyapı bu servisleri destekleme yönünde nasıl dönüşmektedir?

Tüm telekomünikasyon servis sağlayıcıları Internet ve IP telefon iletişimi ile ilgilenmekte ve VOIP temelli servisler sunmaktadır. Kurumsal kullanıcılar için IP üzerinden ses iletişimi hemen hemen tek seçenek haline gelmiştir. Telekom tehzat üreticileri geleneksel telefon haberleşmesi sistemlerini çoktan gündemlerinden çıkarmışlar ve ArGe yatırımlarını tümüyle IP telefon temelli sistemlerin geliştirilmesine tahsis etmektedirler.

Öte yandan düzenleyici kurumlar yetki alanlarına giren IP telefon servisini, geleneksel telefon servisi gibi düzenleme eğiliminde olmakta ve IP temelli teknolojilerin farklı servis kaliteli (QoS) birçok ürünün müşterilerin seçimine sunulabileceğini gözardı etmektedirler.

### Sorunlar

IP üzerinden ses veya video iletiminde karşılaşılan sorunların başında, PSTN'de sağlanmış olan güvenirliğin ve servislerin sağlanması yanı sıra, Internet'in geleneksel kullanımında da söz konusu olan güvenlik ve servis kalitesi (QoS) gelmektedir. Internet dünyasında bu sorunlar için geliştirilmiş olan zmler VoIP için de geçerli olacaktır. Tek bir işleticinin denetimi altında olan bir IP ağında (kurumsal ağ) bu zmleri uygulamak bağlı olarak kolay olmasına karşın, birçok ISS ağlarından oluşan kamu Internet ağında bu hiç de kolay bir iş değildir. Telefon servis sağlayıcı ile IP servis sağlayıcı aynı kurum değilse, rneğin Skype, IP ağının sağladığı güvenlik ve QoS ne ise telefon servisi bunu kabullenmek zorunda kalmakta, güvenlik için uçtan-uca yöntemler kullanılmaktadır. QoS işaretleşmesi ile alt-katmandaki ağın istenen QoS parametrelerini sunan bir biçime gelinceye kadar - belki de hiçbir zaman - ağın fazla yığılmalara maruz kalmayacak şekilde boyutlandırıldığını mid etmekten başka yapacak birşey yok gibi gözüküyor. Çok önceden birinin söylediği gibi belki de IP ağlarının çok iyi çalışması için onları verimsiz çalıştıracak kadar özgürlüğümüz veya zenginliğimiz olmalıdır.

## Standartlar

Internet'in süratle yayılımındaki açık standartlara dayalı yapısı, Internet telefonunun da yaygınlaşmasında benzer rolü oynamıştır. Temel Internet telefonu standartları tanımlanmış ve olgunlaşmıştır. Bunlar arasında en çok kabul gören, IETF'in (Internet Mühendislik Görev Gücü) SIP (Oturum Başlatma Protokolü)'dur. SIP aynı zamanda üçüncü kuşak hücresel telefon sistemini tanımlayan 3GPP (nc Kuşak Ortaklık Projesi) tarafından da kullanılacaktır. Aynı zamanda telekomünikasyon dünyasını temsil eden ITU-T'nin (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği) NGN (Yeni Kuşak Ağ) mimarisi de SIP'i benimsemiştir. Internet telefonuna ilişkin protokollar SIP'le sınırlı değildir. Örneğin, ITU-T'nin H.323 ve ITU-T ve IETF tarafından beraberce geliştirilen megaco/H.248 hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir endüstri girişimince geliştirilen MGCP (Ortam Geityolu Denetim Protokolü) yine kullanım alanı bulmuştur. SIP ve H.323 protokollarında uçtan-uca veya en azından kenardan-kenara mimarilere odaklanılmış, öte yandan megaco/H.248 ve MGCP ile telefon santrallarını değiştirecek sistemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

İletişim veya haberleşme açısından bakıldığı zaman hangi teknoloji kullanılırsa kullanılsın iki aşama (faz) bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, iletişim yolunun kurulması, yönetilmesi ve çözülmesi diğeri 'verimli bilgi aktarımı'dır. Birinci sorunun çözümü için 'işaretleşme' yöntemleri veya protokolları ikincisi için de verimli kodlama yöntemleri geliştirilmesi gerekir. Telefonun PSTN dünyasında kullanılan yöntemlerinin incelenmesi bu yazının konusu değildir. IP iletişimde kullanılan SIP bir uygulama katmanı işaretleşme protokolü olarak birinci ve RTP de ikinci soruna bir çözümü önermektedir.

## SIP nedir ?

İki veya daha fazla uç-nokta veya kullanıcı ajansı (UA) arasında çoğulortam oturumlarının kurulması için 'Oturum Başlatma Protokolü' (SIP) süratle tercih edilen işaretleşme protokolü olmuştur. SIP basitce UA'ların birbirlerini keşfetme (bulma) ve yerini tesbit etme, çoğulortam oturum parametreleri ve karakteristiklerini değiştirme ve bunlar üzerinde uzlaşma, sonra oturum yaratma, oturum esnasında değiştirme ve oturumları sonlandırmalarına imkan verir. oğulortam ses çağırısı, ani ileti (IM), karışık video ve ses veya SIP'le olanaklı kılınan uygulamaların desteklediği herhangi bir ortam olabilir. Bu tür uygulamaların sayısı her gün artmaktadır. SIP'in gücü basitliğinden gelmektedir. Gerçekleştirmeyi ve hata bulmayı (debugging) kolaylaştırıcı ASCII-tabanlı bir protokoldur. Tekli yayın veya çoklu yayın oturumlarını destekleyebilmekte ve rneğin, UDP (Kullanıcı Datagram Protokolü) veya TCP (Transmisyon Denetim Protokolü) gibi birçok farklı taşıma protokolları ile çalışabilmektedir. Aslında SIP verinin taşınacağı ortam hakkında herhangi bir varsayımda bulunmamaktadır. Bütünleşik bir çoğulortam yönetim sistemini desteklemek amacıyla IETF protokollar kümesi de geniş kapsamlı kullanılmıştır. Örneğin, oğulortam uygulamaları uç-noktaları SDP (Oturum Tarif Protokolü) kullanımı ile istenen oturumun karakteristiklerini tanımlar. SIP iletileri bilinen HTTP 1.1 formatına dayalıdır. Ayrıca adresler için e-postadan bildiğimiz URI (Uniform Kaynak Kimliği) benzeri bir yapı kullanır. SIP tabanlı çoğulortam uç-noktaları, ağ kaynaklarından örneğin bandgenişliği atanması için IP QoS standart işaretleşme protokolü RSVP (Kaynak Rezervasyon Protokolunu) da kullanabilir. SIP ağı esas bileşenleri; SIP UA'lar dizüstü bilgisayarlar, IP telefonlar, hücresel telefonlar veya VoIP yetenekli herhangi bir cihaz olabilir. SIP temelli bir ağ çalıştıran servis sağlayıcı ağında opsiyonel olarak kayıd işlemi, iletiye yngsterici (redirection) ve ileti yönlendirici (proxy) işlevleri için harici

sunucular bulundurabilir. Unutulmaması gereken husus SIP'in sadece 'oturum yönetim'inde kullanılmasıdır. Oturum süresince iletilecek veri veya ortam değişim işlevlerini gerçekleştirme başka yollarla, örneğin RTP (Gerçek Zamanlı Taşıma Protokolü) vasıtası ile yerine getirilir.

## **RTP nedir?**

Ses ve etkileşimli (iki-yönlü) video uygulamaları gerçek-zamanda çalışmalıdır. Gerçek zamandan anlaşılan, sesi gönderen taraftaki ses işaretleri arasındaki zamansal ilişkinin en az gecikme ile ve bozulmadan alıcı tarafından alınabilmesidir. Böylece alıcı alınan işarete karşı düşen ses veya videodan istenen anlamı çıkarabilmeli ve dinamik etkileşimi bozmadan yanıt verebilmelidir. Geleneksel PSTN'deki devre anahtarlamalı teknoloji ile uçlar arasında atanmış bir iletim yolu kurulduğu için bu zamansal ilişki bozulmadan sağlanabilmektedir. Paket anahtarlamalı ortamda ses işaretlerine ilişkin paketlerin alıcı tarafa zamanında iletilmesi bir yana bu paketlerin alınması garantisizdir. İstatistiksel paket çokluma sonucu elde edilen bu esnekliğin bedeli paket taşımada paketler arasındaki ilişkinin korunmasına garanti verememek olmaktadır. Bir ses paketi alıcı tarafına doğru yönlendirilirken yönlendiricilerde diğer paketlerle çıkış bant genişliğini kullanmak için yarışmakta ve o anki yönlendiricideki trafik seviyesi ve karışımına bağlı olarak belirsiz bir gecikmeye tabii olmaktadır. Böylece alıcı tarafta alınan paketler arasında gecikme değişkenliği (jitter) verici taraftaki orijinal zamansal ilişkiden çok farklı olmaktadır. RTP esas olarak alıcı tarafta alınan paketleri bir tampon bellekte önce depolayarak, yine RTP içindeki paket numaralarına ve zaman damgalarına bakarak belli bir algoritmaya göre tekrar çalınmasını olanaklı kılar. Ancak paketlerin gelmesini 150-200 ms'den fazla bekleme etkileşimli servis (ses veya video) için olurlu değildir. Aksi takdirde konuşmanın dinamik etkileşimlilik özelliği kaybolmakta taraflar ya aynı anda konuşmaya başlamaktalar veya iki taraf birden birbirinin konuşmaya başlamasını beklemektedirler. Kısaca etkileşimli gerçek zamanlı bir servis için pakete verilen uçtan-uca gecikme 'bütçesi' aşılmamalıdır. Aşılırsa ne olduğunu gördük. Peki paket kaybı olursa ne olur? Toplam paketlerin %5 civarında veya daha fazlasının kaybedilmesi ile bu defa da 'anlaşılabilirlik' bozulmaktadır.

IP ağında uçtan uca oluşan paket gecikmelerinin veya gecikme değişkenliğinin düzeltilmesi için tanımlanan RTP protokolu aslında TCP veya UDP gibi bir taşıma protokolu değildir. Aslında gerçek-zamanlı uygulamanın kullandığı uygulama katmanı çerçeveleme protokolüdür. IP ağından taşınabilmesi için çoğulortama ilişkin paket, örneğin ses paketi RTP başlığı ile sarıldıktan sonra UDP ve IP paketleri için konulur. RTP ile ilişkili RTCP (RTP Denetim Protokolü) RTP'ye QoS için geribesleme ve RTP temelli oturumların içinde kullanıcıyı belirleyen tamamlayıcı protokoldür. RTP bir bağlantı kurmaz, paketin teslimatını garanti etmez, SIP gibi bir çoğulortam oturum işaretlenmesi sağlamaz ve RSVP gibi QoS sağlamaz. RTP'nin 12-baytlık başlığı çoğulortam uygulamasına - 'paketin ağ içindeki yolculuğu esnasında başına gelebilecek istenmeyen olayların etkilerini belli bir düzeye kadar alıcı tarafta düzeltme olanağını veren' - faydalı alanları içerir;

- Sıra numarası ve zaman damgası vasıtasıyla alıcıdaki çoğulortam uygulaması paketleri doğru şekilde sıralar ve doğru hızla çalar (oynatır),
- Yük tipi belirleyici RTP paketinin içerdiği yük tipi bilgisini verir,
- Kaynak belirleyici alanları çoğulortam akımlarındaki farklı kaynakların ayırıldığını sağlar.

Gerçek-zamanlı uygulamalarda RTP bir çerçeveleme protokolu olarak VoIP ve Video-o-IP uygulamaları ve servislerde standart olarak kullanılmaktadır. Ancak düşük hızdaki linklerde ( 128 kb/s'den küçük) RTP/UDP/IP toplam başlığı 40 baytlık fazlalıkla tipik 20 baytlık ses

paketi (G.729 kodek) taşınmasında büyük bir verimsizliktir. Herhangi bir başlık sıkıştırma işlemi (cRTP) olmadan bu yöntem taşıdığı yük için gerekli bandgenişliğinden çok fazlasını fazlalığı için kullanacaktır! Bandgenişliğini daha verimli kullanalım diye yola çıktık (VoIP) ve gerçek zamanlı ses servisi için bandgenişliğini daha verimsiz kullanma zorunluğu ile karşılaştık! Basit bir yöntem RTP başlığını sıkıştırmadır. Bu sefer de bu işlem için gerekli zamanın ‘gecikme bütçesine’ olan etkisi ile karşılaşıyoruz. O halde gereğinden çok bandgenişliğine kavuşuncaya kadar çözümlerimizde her zaman uzlaşılabilir olacaktır!

### **SBC nedir?**

SBC (Oturum Sınır Denetleyicisi) ihtiyacı VoIP servisinin birçok IP ağı üzerinden taşınması gereğinden ortaya çıkmıştır. İnternet’in çeşitli ISS ve özel IP ağlarından oluşan yapısı üzerinden VoIP oturumlarını kurmak nasıl olabilir? Herşeyden önce bu ağlar birbirine güven duymamakta ve ağlarını (güvenlik duvarlarını) kullanıcıların VoIP çağrularına açmamaktadır. Burada İnternet ve PSTN arasındaki temel bir farkı daha görüyoruz. PSTN bir kapalı ağ olduğundan, kullanıcılar (telefon aboneleri) güvenli biçimde haberleşebilmektedirler. İstenmeyen bir telefon çağrısı veya yanlış numara aranması basitçe rededilebilmektedir. VoIP ile IP ağındaki güvenlik sorunlarının tümü ses haberleşmesi için de geçerli olmaktadır. Ağ sınırında konumlandırılan SBC cihazı ile çoğul ortam oturumlarının başlatılması ve sonlandırılması üzerinde bir politika denetimi kurulması amaçlanmaktadır. Oturum politikası, güvenlik, protokol ortak çalışması, kaynak yönetimi gibi güvenliği ve ağlar arasında oturum-temelli işlevleri oturum sınır denetleyicisi sağlar.

SBC, iki ISS ağı arasında veya omurga ağ ile bir erişim ağı arasında konutsal veya kurumsal kullanıcılara oturum-tabanlı servisler sunar. Oturum-bilinçli SBC, ağın içsel kaynaklarının korunması, oturumun uç-noktalarının desteklemediği (VoIP işaretleme protokollerini) ve ağ kaynakları kullanımına yardım gibi erişim denetim işlevlerini sağlayabilir. SBC, NAT (Ağ Adres Çeviricisi) veya güvenlik duvarı gibi diğer ara işlevleri tamamlayıcı bir rol oynar.

### **Eğer Uç-noktalar NAT arkasında ise ne yapılır?**

NAT özel IP adreslerini kamu IP adreslerine çevirir. NAT arkasında olan özel bir SIP cihazı şayet kamu İnternet’deki bir SIP cihazına bir davet (invite) – davet iletisi ile karşı tarafa bir oturum kurma isteği - iletisi gönderirse, kendi IP adresini de bu iletide içermek zorundadır. Ancak burada kullanılacak IP adresini yalnız NAT bilmektedir. Özel SIP cihazı NAT’da atanan bu kamu IP adresi hakkında bir fikre sahip değildir. Hatta NAT’ın varlığından habersizdir. Özel cihaz, NAT arkasında olduğunu, NAT’ın kullandığı özel-kamu IP adres ilişkisini (bağ) ve kendi uygulama ve protokol işlemlerinde bu kamu IP adresi kullanım ayarlarını öğrenip yapabilmelidir. Böyle durumlarda IP dünyasında – daha doğrusu bilgisayar dünyasında – ‘sunucu’ denen cihaz veya işlevler kurtarıcı olarak ortaya çıkar. PSTN’de bu gibi sorunları ‘çağrı denetim’ veya ‘akıllı ağlarda’ SCP (Servis Denetim Noktası) ile çözümlenir. Aslında bunlar da sunucu veya diğerleri denetim noktası, fakat tarihsel gelişimde başka başka adlarla anılagelmişler. O halde fark nerede? Fark denetim lojiğinin dağıtılmış olmasında ve taşınan bilginin taşınma biçiminde. IP’de paketler PSTN’de devreler!

Yukarıdaki soruna bir çözüm STUN (UDP’nin NAT üzerinden Basit Geçişi) ile verilmiştir. Düşünce çok basit. NAT arkasındaki SIP cihazı üzerinde koşan STUN istemci NAT üzerinden geçecek olan bir sorguyu kamu STUN sunucusuna gönderir. NAT bunu göndermeden bir özel-kamu IP adresi oluşturur. Böylece NAT’ın özel SIP cihazı için kullanacağı IP adresini STUN sunucu öğrenmiş olur ve bunu NAT arkasındaki SIP

kullanıcıya geri döndürür. Böylece SIP cihaz da diğer cihazlara ileti gönderirken kullanacağı geri dönüş adresini öğrenmiş olur. Yine VoIP ve PSTN karşılaştırmasına gelirsek. Dikkat edilirse IP dünyasında herşeyi ne kadar da verimsiz yapıyoruz – daha doğrusu verimsiz olacak lüksümüz bulunuyor.

Farklı NAT davranışları vardır. Kurumların genellikle kullandıkları simetrik NAT özel cihazın konuşacağı her kamu varış noktası için farklı adres bağları oluşturması. Açıkça özel cihaz bu kadar çok özel-kamu adres bağlarını öğrenip tutamaz. Bu soruna çözüm yine basit. Özel cihazdan kaynaklanan ve NAT üzerinden geçen tüm trafiği kamu Internette adreslenebilen bir aktarım (röle) noktasına yönlendirelim. Bu röle NAT'ın yarattığı tüm çoklu kamu IP adresleri yerine NAT arkasındaki özel istemciyi temsil için bir IP adresi atasın. Buna TURN (Röle kullanımı ile NAT Geçişi) NAT geçişi diyoruz.

### **Kablo Ağları üzerinden IP**

Birçok ülkede kablo TV ağları uç-kullanıcıya, çoğu zaman video programlarının iletimini sağlıyordu. Önce ses sonra IP iletimi de kablo ağı üzerinden nasıl yapılıyor? Çözüm IP paketlerinin çerçevesiyle kablo TV programları ile birlikte gönderilmesi. MPEG2-TS iletim sistemi, HFC (Melez Fiber Kablo) ağlarında video, ses ve data işaretlerini paketleyen ve çoklayıp iletimine yarayan standart bir teknik. Sayısal-video yayımında kullanılan MPEG2-TS'in genişletilerek Internet erişimi gibi yeni servisleri de taşınması serbestleşen telekomünikasyon ortamında en doğal gelişme. Belki de uç-kullanıcıya, bakır kablo, koaksiyel kablo, fiber kablo veya telsiz gibi alternatif fiziksel erişim sistemlerinin yayılmış olması serbestleşme için en önemli koşul.

Bir MPEG2-TS, 4-baytlık başlık ve 184-baytlık taşınan yük olmak üzere 188-baytlık bir çerçeveden oluşur. Başlık içindeki PID (Program Kimliği) alanı pakette taşınan yükün tipini tanımlar. Kablo üzerinden akan datanın içinde TV video ve ses farklı PID değerleri alır. Abone evine doğru MPEG2-TS akışı maksimum 38 Mb/s değerine çıkabilir fakat bu birçok abone arasında paylaşılır. Başlangıçta firmalara özgü yöntemlerle kablo ağı içinde taşınan data daha sonra Çoğulortam Kablo Ağı Sistem Ortakları (MCNS)'ce geliştirilen Kablo Üzerinden Data Servisi Arayüz Tanımı (DOCSIS) ile ortak bir standartla tanımlanan çerçeve formatı kullanılarak paketler DOCSIS MAC başlığı içine zarflanmakta ve buda sonra MPEG-TS paketi içine konmaktadır. DOCSIS, kablo servis sağlayıcısı POP'da kablo modem sonlandırma sistemi (CMTS) ile müşteri yerindeki kablo modem (CM) arasında çalışır. DOCSIS standardı ile sadece CMTS'den CM yani aboneye doğru MPEG2-TS çerçeveleme tanımlanmıştır. Böylece kablo TV kanallarını taşımak için MPEG2-TS çerçeveleme kullanan tekyönlü trafikle DOCSIS'le zarflanmış paketler bandgenişliğini paylaşmış olurlar. Yukarıya, CMTS'e doğru CM'in gönderdiği IP trafik zaman-bölümlemeli çoklama erişim yöntemini kullanır. Basitçe CM CMTS'e 'data gönderebilir miyim?' şeklinde bir talepte bulunur o da boş zaman-aralığı varsa bir zaman-aralığı ile yanıt verir.

### **İsmarlama Video (VoD)**

Genişband Internet erişim için en önemli uygulamalardan birinin ismarlama video olacağı tahmin edilmektedir. Kullanıcılar bir program kütüphanesinden istedikleri video programını seçip hemen seyretmek için indirebilmektedir. Geleneksel yöntemdeki her görüntü için öde seçeneğinden farklı olarak burada kullanıcılar geniş bir seçenek yelpazesinden seçim yapabilmekte ve VoD'ta VCR benzeri denetim düğmeleri ile örneğin durdur, ilerle, gerisar

v.b gibi komutlar verebilmektedir. Çoğu operatör VoD servisinin gelir getiren beklenen servis olduğuna inanmaktadır. VoD sisteminin temel bileşenlerine bakarsak;

- MPEG2 formatında içeriklerin tutulduğu VoD sunucular,
- VoD sunucuları dağıtım merkezlerine bağlayan bir ağ, genellikle gigabit Ethernet (GE) ve merkezde alınan MPEG2 akımlarını quadrature genlik modülasyonu (QAM) ile aboneye doğru HFC üzerinden gönderen cihazlar,
- Çoklu müşteri yerlerine servis sunan HFC ağı, video akımlarını alan müşteri yerindeki set üstü kutular (STB).

VoD'la müşteriler programlara ilişkin Web'te gezinip izleyecekleri videoyu seçtikten ve ödeme bilgisinin girilip doğrulanmasından sonra seçtikleri programın izlenmesine izin verilir. VoD sunucu MPEG2 çerçevelerini UDP/IP paketlerine koyduktan sonra dağıtım merkezine iletilmekte ve burada UDP/IP başlıkları atıldıktan sonra MPEG2 akımı QAM'le modüle edilip HFC ağından aboneye ulaştırılmaktadır. STB alınan MPEG2 işaretinden aldığı video işaretini TV cihazına gönderir. Müşterinin denetim komutlarını STB geri dönüş kanalından VoD sunucuya Gerçek Zamanlı Akımlı Protokolü (RTSP) kullanımı ile iletir. RTSP media sunucuların akımların teslimat denetimi için kullanılan standart protokoldür.

## **Sonuç**

İnternet temelli çoğulortam servislerinin yayılması ile telekomünikasyonda yeni bir çağa girilmiştir. Geleneksel olarak kullanıcının ağı arayıp bulduğu iletişim yöntemleri artık, gerçek gezgin ve çoğulortam destekli ve ağın kullanıcıyı arayıp bulduğu ve onun profiline göre servis sunduğu bir yakınsamış yapıya dönüşmektedir. Telekomünikasyonda serbestleşme dalgaları ile belki de şu an tam olarak bilinmeyen, bu teknolojik gelişim içerisinde ne gibi iş modellerinin geçerli olacağı bilinmemiştir.