

# GENİŞBANT KABLOSUZ SİSTEMLERİN KULLANIM PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tuncay ERCAN, İbrahim ZİNCİR  
Bilgisayar Mühendisliği, Yaşar Üniversitesi, İzmir  
tuncay.ercan@yasar.edu.tr; ibrahim.zincir@yasar.edu.tr

**Özet**— Kablosuz genişbant erişim sistemlerinin (WiMAX- Worldwide Interoperability for Microwave Access) kullanılmakta olan haberleşme sistemlerine kazandıracığı uzun mesafelerde ve yüksek hızda veri aktarabilme özelliği, bu konuyla ilgili çalışmaları artırmıştır. Haberleşme şebekelerinin alt yapılarında, noktadan noktaya veya bir noktadan çok noktaya olan iletişimi kablosuz olarak sağlamak amacıyla kurulmuş radyolink sistemleri vardır. Artan teknolojik gelişmelerle mobil telekomünikasyon servisleri gittikçe önem kazandığı için, eski tip kablolu altyapılardan daha kısa zamanda tesis edilebilen radyolink uygulamaları işletmeciler açısından daha uygun hale gelmiştir.

Sadece kamu kurum ve kuruluşlarına ait telefon santrallerinin ve mobil haberleşme hizmeti veren GSM firmalarının şebeke bağlantılarında değil, telefon ve televizyon gibi kitle iletişim araçları içinde değerli bir kaynak olan radyolink tesislerinin kablosuz genişbant sistemlerinde de etkin olarak kullanılması, sistem kapasitesi, güvenlik ve kullanılacak olan frekanslar gibi parametrelerin planlanmasına bağlıdır.

Özellikle kırsal kesimlerde yaşayan vatandaşların Telekom hizmetlerinden en iyi şekilde yararlanmaları konusunda yaşanan sıkıntılar, hem devlet hem de özel sektör tarafından çözümlenebilmelidir. Bu çalışmada haberleşme hizmetlerinin ülke çapında yaygınlaştırılabilmesi için kamu kurumları açısından kablosuz genişbant sistemlerinin kullanılma kısıtları ve parametreleri incelenmiş ve örnek bir model açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** WiMAX, Kablosuz Genişbant İletişim, radyolink, haberleşme hizmetleri.

## 1 Giriş

İletişim teknolojileri ile bütün ülke topraklarını kapsayan medya araçları ve özellikle de İnternet ortamına dayalı bilgi sistemleri, ülkemiz topolojik durumunun yarattığı dezavantajlardan dolayı bölgelere göre değişmekle birlikte zarar görmektedir. Çünkü tam zamanlı hizmetleri getirecek olan İnternet'in dayandığı yetersiz altyapı, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde kırsal ve kentsel alanlar arasında dengeli bir dağılım sergilememektedir [1,2,3].

Günümüzde ortalama gelişmişlikteki bir şehirde cep telefonu baz istasyonları, telefon şebekesi, genişbant İnternet (ADSL-Asymmetric Digital Subscriber Line/Loop, kablo) ve/veya kurumsal bilgisayar ağları gibi farklı ve kendi başlarına bir örgü (mesh) içinde çalışan iletişim sistemleri vardır. Her türlü alt yapı hizmetlerinin daha çok kentlerde yoğunlaşması bu teknolojilerin kırsal alanlarda uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. [1].

Uzaktan eğitim gibi özellikle bu bölgeler için tasarlanmış teknolojiler, kullanılmakta olan e-posta ve kurumsal planlamaları devam eden e-devlet hizmetleri, iç güvenlik sorunları ile ilgilenen emniyet birimlerinin ihtiyaç duyacağı her türlü bilgi transferi işlemleri tamamen iyi bir iletişim yapısına bağlıdır.

Bugün için Türkiye genelinde yaklaşık beş milyon aboneye ulaşılmış olan ADSL hizmeti ile iletişim altyapısının izin verdiği yerlerde kullanıcılara yukarıda bahsedilen hizmetler için genişbant erişim imkanı sağlanmaktadır.

Bu hizmetin kişisel son kullanıcı bazında sağlanamadığı yerlerde “hotspot” denilen daha çok kentlere özgü kablosuz İnternet erişim noktaları kullanılmaktadır. Halen kullanılmakta olan ve kablosuz sistemlerin yaklaşık %90'lık kısmını oluşturan Wi-Fi tabanlı kablosuz ağlar 100 ile 300 metre arası bir mesafeden erişim imkanı sağlar. Kablosuz ağlar kullanıcı imkanları açısından getirdikleri ucuz maliyetli ve esnek yapılara rağmen, İnternet hizmetinin bilgisayar ağından kablolu olarak alınmasından dolayı, kırsal kesimlerdeki İnternet erişim ihtiyaçlarını çözememişlerdir [4].

Kablosuz İnternet erişiminde Avustralya, Polonya, ABD, Arjantin, İrlanda, Norveç ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde kullanımda olan WiMAX adlı yeni kablosuz genişbant erişim teknolojisi, henüz ürünleri tam olarak Türkiye pazarında olmasa bile çok geniş bir kapsama alanında kullanıcılara ses, görüntü ve veri aktarımı ile birlikte çok kullanıcı sistemleri için İnternet hizmetini de tek bir hat üzerinden verebilmektedir [4]. WiMAX servisi ile aynı hat

üzerinden telefon, İnternet, ve televizyon altyapısı kurmak ve kullanmak büyük coğrafyaya yayılmış ülkelerin eksik ya da var olmayan iletişim alt yapıları için büyük kolaylık getirecektir. WiMAX'ın kablosuz ve görüş hattına ihtiyaç duymayan iletişim özelliği bu ülkelerdeki uygun olmayan arazi koşullarını olumsuz bir etken olmaktan çıkaracaktır.

## 2 Genişband Kablosuz Sistemler

WiMAX'ın sabit bağlantı noktaları arasında bir ağ kurmak için standartlaştırılmış olan "IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16-2004", ilk versiyon olan "802.16-2001", ve "802.16a, 802.16c" standartlarını da içine alır [5,6]. Bunlar arasındaki temel farklar görüş hattına ihtiyaç duymamaları, kapsama alanları, sabit, göçebe (nomadic) olması ve bant kapasiteleridir.

WiMAX'ın ikinci versiyonu ise hareketli tür olarak bilinen "IEEE 802.16e" olup, sabit bağlantı noktaları ile hareketli ortamlarda ve almaç-göndermeç antenlerinin birbirlerini direkt olarak görmesine gerek olmadan (NLOS-Non Line of Sight) çalışabilecek uygulamalar için kullanılmaktadır (Şekil 1).

WiMAX	802.16d	WMAN	75 Mb/s (20 MHz BW)	6-10 km	11 GHz Alb
WiMAX	802.16e	Mobil WMAN	30 Mb/s (10 MHz BW)	1.5-5 km	2-6 GHz

Şekil 1. WiMAX çeşitleri

Kore tarafından geliştirilen WiBro (Wireless Broadband), kablosuz geniş bant İnternet sağlamak için geliştirilen bir başka teknoloji olup WiMAX ile arasındaki uyum sağlama çalışmaları hemen hemen tamamlanmıştır [6].

Bir başka WiMAX alternatifi olan UMTS (Universal Mobile Telecommunications System-Evrensel Hareketli İletişim Sistemi), 3.nesil (3G, Third Generation) cep telefonları için geliştirilmiş bir teknolojidir. WiMAX'a mobil telefonlarda rakip olan bu teknoloji halen Fransa ve Finlandiya'da kullanımda olduğu için bu iki ülke WiMAX frekans aralıklarının ulusal lisans verme işlemlerini durdurmuştur [4].

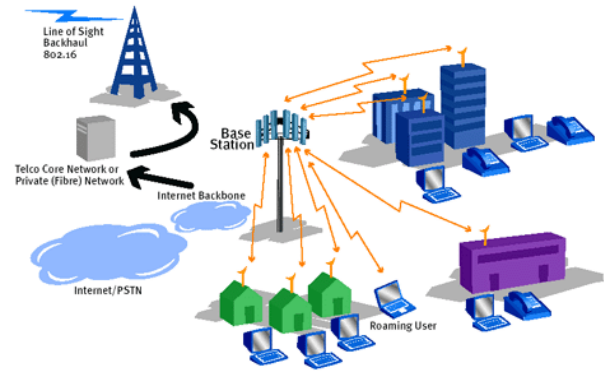
WiMAX teknolojisi gelişimini tamamlamış olup, ulusal lisanslama, kullanıcı cihazlarının ve baz istasyonlarının birlikte çalışılabilirlik standartlarının belirlenmesi süreci devam etmektedir.

### 2.1 Mimari Yapı

WiMAX mevcut hücre bazlı GSM sistemleriyle beraber aynı baz istasyonları üzerinde çalıştırılabilir. WiMAX anteni bu noktadan itibaren direk olarak İnternet omurgasına bir fiber kablo veya yönlendirilmiş bir mikrodalga linki ile bağlanabilir (Şekil 2). Aboneler çatılarına kuracakları bir antenle İnternet'e yüksek hızda bağlanabilirler.

Bütün dünyada küçük farklılıklar göstermekle birlikte muhtemel frekans bandları, 2.3/2.5 GHz ve 3.5/5.7 GHz'dir. Türkiye'de frekans tahsisleri konusunda ulusal sorumluluk taşıyan Telekomünikasyon Kurumu'na yapılan Sabit Telsiz Erişim Sistemi kurma talepleri 24.5-26.5 GHz frekans bantlarında yoğunlaşmaktadır [3].

WiMAX, kablosuz genişbant iletişim sistemi olarak Wi-Fi sabit erişim noktası kullanıcılarının birbirleriyle ve İnternet'in sunduğu bütün imkanlar ile haberleşebilmelerini sağlar. Bu teknoloji ile teorik olarak yaklaşık 50 km.lik olan kapsama alanında, gerçek hayat koşullarında ise 5-8 km'ye kadar, dağıtık durumdaki bütün son kullanıcılara 2-75 Mbt/sn'lik bandgenişliği sağlanabilmektedir.



Şekil.2 WiMAX Mimarisi (<http://www.hifn.com>)

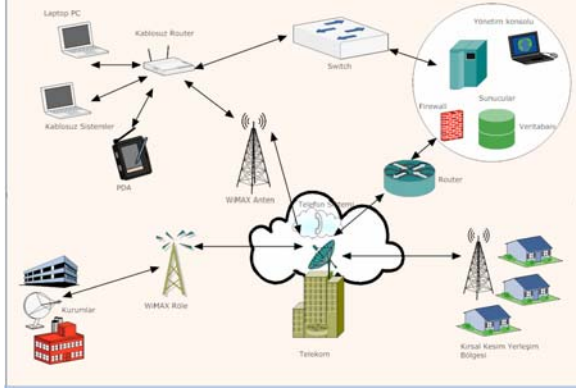
Telekomünikasyon Kurumu WiMAX standartlarının belirlenmesini müteakip 2005 yılında lisanslama için gerekli altyapı çalışmalarına başladı. Bu işlemlerin 2006 yılı sonunda tamamlanması düşünülüyordu, ancak çalışmalar 2008 yılına kaldı. WiMAX için çok fazla baz istasyonuna ihtiyaç duyulmayacaktır. Çünkü arabada, otobüste ve benzeri hareketli yerlerde fazla miktarda İnternet bağlantısı talebinin olmayacağı değerlendirilmektedir. Eğer bu tip bir talep olursa o zaman cep telefonu şebekelerine benzer bir baz istasyonu örgüsü uygulanabilir [4].

### 2.2 Kullanım Alanları

Metropol Alan Ağı (MAN-Metropolitan Area Network) geniş alan ağından (WAN-Wide Area Network) daha geniş bir alanı, genellikle bir şehri, kapsayan büyüklükte, kablosuz ya da kablolu birden fazla yerel alan ağını (WLAN/LAN-Wireless/Local Area Network) birbirine bağlamak için tasarlanmış bir ağ yapısıdır. WiMAX, WLAN tipi ağlardan daha verimli bir yapıya sahip olduğu için Wi-Fi uygulamalarının yerini alacak veya onları tamamlayacaktır (Şekil 3).

WiMAX, hali hazırda kullanılmakta olan cep telefonu şebekeleri ile de uyumlu çalışabilecek niteliktedir. Bu durum daha önceden buraları kiralamış ve sahip oldukları kendilerine ait frekans

bandı bulunan hizmet sağlayıcı konumundaki firmalar için büyük kolaylık sağlar. Böylelikle cep telefonu şebekeleri normal hizmetlerinin yanında WiMAX kullanarak ek hizmetler sunabilirler [5,6].



Şekil 3. WiMAX Kullanım Alanları

WiMAX'ın en önemli avantajı IP mimarisi için uygun olan altyapısıdır. Farklı uygulamalara kolay uyum sağlayan ve ağların birbirleriyle çalışmalarını kolaylaştıran WiMAX, VoIP (Voice over Internet Protocol) teknolojisiyle İnternet üzerinden telefon görüşmesi yapılmasına olanak sağlar. Bunun yanında:

- ADSL ve kablo gibi kullanımda olan diğer genişbant teknolojilerine göre esnek, kolay ve ucuz maliyetli kurulumu,
- Kullanılan malzemelerin istendiğinde başka bir bölgeye taşınabilmesi,
- Daha yüksek veri hızları sunabilmesi,
- GSM omurgası için uygun bir altyapı alternatifi sunması,
- Kentlerde orta ve büyük ölçekli işletmelerde Telekom'dan hat kiralanarak elde edilen İnternet erişimi yerine alternatif bir teknoloji olması, gibi nedenlerle yeni bir iletişim altyapısı olarak bu alanda faaliyet gösteren firmalar için seçenek sunmaktadır [3].

Türk Telekom ve Intel işbirliğinde başlatılan Ambulans Projesi, Yozgat ilinde ADSL altyapısı bulunmayan yerlerde belirlenen okullara sağlanmış olan kablosuz İnternet erişimi hizmetleri Türkiye'deki resmi kurumlar olarak WiMAX'ın ilk uygulamalarıdır. Özellikle kırsal alanda altyapı maliyetlerini düşüren bu teknolojinin hangi alanlarda kullanılabileceği yetkililer tarafından belirlenmiştir [4]. Sağlık imkanları yeterli olmayan yerlerde acil hasta bilgilerinin hastanelerdeki uzman doktorlara iletilmesi ve böylece uzaktan gerekli tedbirlerin alınabilmesi, e-devlet kapsamındaki kurumsal hizmetlerin yer ve zamandan bağımsız olarak alınıp verilmesi, bu maksatla süreli veya kalıcı elektronik ortamın yaratılması gibi imkanlar nedeniyle WiMAX genişbant erişim teknolojisi, daha ekonomik İnternet erişimi ve kurumsal ağlardan gerekli hizmetlerin

alınmasında son kullanıcı ve yetkili kurumlar için birinci tercih olmaya adaydır [7].

WiMAX teknolojisinin kullanılması emniyet ve iç güvenlik birliklerinin görev maksatlı bölgesel yer değiştirmelerinde ihtiyaç duyacakları her türlü veri iletişiminin kesintiye uğramaksızın sürdürülmesine imkan verecektir. Kırsalda devam eden emniyet maksatlı iç güvenlik hizmetleri için ilgili birimlere sorumluluk bölgelerinde ses, görüntü ve veri iletişimi için uygun imkanlar verilmesi çok önemlidir [8].

Dizüstü ve cep bilgisayarları (PDA-Personal Digital Assistant) gibi mobil cihazlara gömülü olan Wi-Fi teknolojisi gibi, WiMAX sürücüler de yakın gelecekte büyük bir pazar payı yakalayacaklardır.

Superonline, Atlas Online, Doğan Online, Koçnet, gibi birçok firma, Telekomünikasyon Kurumu'ndan 3,5 GHz'de "WiMAX Test ve Deneme İzni" olarak ülke kapsamında genişbant çok hızlı İnternetin yaygınlaşmasına olanak sağlayacak şekilde çalışmalarına devam etmektedirler.

## 2.3 Kullanım Kısıtları

Türkiye için en önemli kısıtlardan biri olan frekans lisanslamasının yanısıra, WiMAX üreticilerinin aynı Wi-Fi ürünlerde olduğu gibi standartlara uygun üretim yapabilme beklentisi bu teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesini ve kullanılarak yayılmasını engellemiştir [4]. Telekomünikasyon Kurumu'nun WiMAX lisansları konusunda yavaş davranmasının en büyük nedeni Türk Telekom'un elinde bulunan lisans süresinin 2007 başında bitmesi ve WiMAX cihazlarına ait ürünlerin piyasaya çıkmasını beklemektir.

WiMAX hava dalgaları ile ses ve veri getirmek için başka teknolojilere yatırım yapmış olan firmalar için ciddi rekabet getirecektir. Telekomünikasyon Kurumu tarafından Sabit Genişbant Telsiz hizmeti olarak lisanslanacak olan 24.5-26.5 GHz frekans bandı [3] ile beraber Türk Telekom'un elinde kalan 3.5 GHz frekans bandının da tüm operatörlere açılması uluslararası WiMAX ürün yelpazesi açısından oldukça önemlidir.

Bunun yanında WiMAX teknolojisinin bugün ve gelecekte benimsenmesine sebep olan/olacak gelişmiş teknik özelliklerinin yanında son kullanıcılar için sorun olarak görülen bazı sınırlamaları vardır [9]:

- Kullanıcı ve hizmet sağlayıcı firmalar tarafından ihtiyaç duyulan ürün fiyatlarının halen yüksek olması,
- Kırsal ve dağlık bölgelerdeki altyapı sorunları ve potansiyel kullanıcı sayısının az olması nedeniyle, hizmet verecek firmaların kurumsal kullanıcıların yoğunlukta bulunduğu kentsel ortamlarda hizmet vermek istemeleri,

- Yağış gibi hava şartlarının kalite ve verimlilikte düşüşlere yol açması ve maliyetleri artırması,
- Türkiye şartları için henüz genişbant taleplerinin istenilen düzeyde olmaması.

### 3 Kullanım Parametreleri

Genişbant kablosuz sistemlerin kabul görebilmesi için hizmet sağlayan firmaların IP tabanlı birçok uygulamayı (ses, görüntü, veri vb.) etkin bir şekilde desteklemesi ile mümkündür. Hatta bu destekleme Wi-Fi sistemlerin bugün için sağladığı bandgenişliğinden daha büyük değerlerde olmalıdır. Türkiye’de cep telefonu servisleri tarafından 3G uygulamalarına henüz geçilmediği için WiMAX ile sağlanacak mobil uygulamaların performansları 3G ile değerlerinden yüksek olmalıdır [9].

Bugün için Türkiye’de hiç bir servis sağlayıcı firma tarafından WiMAX hizmeti verilmiyor (deneme ve test lisansları hariç). Çünkü Telekomünikasyon Kurumu (TK) tarafından WiMAX lisanslarının hazırlıkları ve ihalesi yapılmadı. WiMAX teknolojisini kullanarak hizmet vermek isteyen firmaların Telekomünikasyon Kurumu’ndan (genişbant kablosuz erişim lisansları için hazırlıkların sürmesinden dolayı henüz olumlu değil) lisans almaları gerekmektedir.

Emniyet maksatlı sistemlerin gereksinimleri tesis edilecekleri karargahlara özgü olmalı ve uzak mesafe irtibatları için farklı telekomünikasyon sistemleri ile birlikte kullanılabilir.

WiMAX sistemlerinin performansı mevcut frekansın tekrar kullanılabilirliği, mobil ve baz istasyonlarında kullanılan antenlerin tipine ve yüksekliğine, kullanılan VoIP, görüntü, WEB gibi farklı trafik modellerine bağlıdır. Bandgenişliği, servis kalitesini etkileyen en büyük parametrelerden biridir. Kullanıcılar herhangi bir zaman diliminde diğer kullanıcıların uygulamalarına bağlı olarak az veya daha çok bandgenişliği harcamaktadırlar. Ağ üzerindeki trafiğin az olduğu şartlarda kullanıcılar daha yüksek bandgenişliği kullanabilir [10,11].

Kullanılacak sistemlerin frekans planlaması ve uygulamaları için özellikle sınır bölgelerindeki tahsislerde coğrafi durumlar (sıra dağlar, denizler, göller, ormanlık alanlar ve çöl toprakları, vb.) gözönüne alınmalıdır [12,13]. Kaplama alanlarının hesaplanmasında en önemli faktörler, vericilerin coğrafi koordinat bilgileri, efektif anten yükseklikleri, verici çıkış güçleri ve band genişliği gibi bilgilerin doğruluğudur.

### 4 WiMAX Anadolu

WiMAX altyapısı ve gerekli mimari, sistemleri kullanacak birimler tarafından belirlenen parametrelere göre değişiklikler gösterip, farklı bağlantı senaryoları gerektirir. Görüş hattı olmayan

yerlerde çok etkin bir kablosuz iletişim teknolojisi olan WiMAX için ülkemizde kullanılabilecek bu mimari modelin planlamalarda dikkate alınacak parametreleri şu şekilde belirlenebilir:

1. Kırsal kesimler için uygulanacak model sabit anten kullanacaktır.

2. Emniyet görevi olan güvenlik kuvvetlerinin veya yerel idari kurumların, WiMAX sistemlerini belirli süreler için veya devamlı olarak kullanma ihtiyaçlarına göre, araç üzerinde hareketli veya sabit antenler kullanılabilir.

3. Telekomünikasyon Kurumu tarafından verilecek olan 24.5-26.5 GHz frekansları yerine Avrupa’da sisteme girecek olan lisanslı 3.5 GHz bandı hem uluslararası çalışmaları artıracak, hem de kullanılacak olan WiMAX ürünlerini çeşitlendirecektir.

4. WiMAX sisteminin sağladığı uygulamalar, farklı trafik hizmetleri ve kullanıcılar için belirli bir hizmet kalitesi seviyesi sağlanmalıdır. Radyo frekans kaynaklarının kontrolü çok önemlidir [14].

Özellikle İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerindeki arazi yapısının düz, az ağaçlı, dağlık, sık ağaçlı olması sebebiyle kullanım parametreleri daha önceden değerlendirilmiş olan Erceg Model’ine dayalı [8] bir sistem kurulumu yapılabilir:

- 1900 MHz $\leq$  Frekans Bandı $\leq$ 3500 MHz
- 10 m $\leq$ Baz İstasyonu Anten Yüksekliği $\leq$ 80 m
- 2 $\leq$ Kullanıcı Cihaz Anten Yüksekliği $\leq$ 10m
- 0,1 km $\leq$ Antenler arası mesafe $\leq$ 8 km

Hedef bölgede kurulacak olan WiMAX baz istasyonunun etkin kapasitesi, kapsama altına alınmak istenen arazinin yapısına ve kullanıcı sayısına bağlıdır. Yukarıda verilmiş olan parametrelerle birlikte sunulacak olan farklı trafik hizmetleri, ses, görüntü ve veri için kullanılacak IP paket sayısı, Radyo Frekans planlaması, araziden ve hava koşullarından kaynaklanabilecek kayıpların oranları, kullanıcı ücretlendirmeleri gibi bilgiler en ekonomik sonuçları verecek şekilde analiz edilir ve model seçiminde rol oynar.

### 5 Sonuç

WiMAX için tasarlanan MAC (Media Access Control) katmanı değişik fiziksel katmanlarla uyumlu halde tasarlandığı için üreticilere geniş bir ürün yelpazesi sunmuştur. Böylelikle WiMAX, kablosuz genişbant İnternet’in yanında cep telefonları, PDA gibi cihazlara servis sağlayabilecektir. WiMAX’ın ses ve veri iletişimi sağlayacak altyapısı öncelikle büyükşehir bölgelerinde ancak ADSL ve kablo İnternet imkanlarının olmadığı yerlerde gerçekleştirilecektir.

Kablosuz özelliği olan dizüstü bilgisayarlar ile farklı bölgelerde sadece kişisel hesap dışında ayrı bir sistem maliyeti olmaksızın İnternet kullanabilmek ve bu imkanın da cep telefonlarının GPRS (General Packet Radio Service) özelliğinden çok daha verimli olması gerçekten çok önemlidir [15].

2008 yılı başlarında verilmesi beklenen lisans kullanım izinleriyle, birçok üretici firma WiMAX'ın toplum tarafından benimsenmesi ve kullanımının artırılması için, özellikle de kullanıcıların yüksek hızlı kablosuz erişim ihtiyaçlarını gözönüne alınarak kendi ürün yelpazelerini geliştirmeye çalışacaklardır. Kullanıcılar mobil kablosuz genişbant hizmeti için kullanılacak olan sistemin parametrelerini ve çalışacağı platformları kendi ağ yapılarına uygun olarak seçebilirler.

Modern teknolojiler kullanıma açıldıkça kırsal halka yeni ve çok boyutlu bir bakış açısı da kazandıracaktır. İletişim imkanları geliştikçe karmaşık hale gelen yeni teknolojileri ve Telekom endüstrisi tarafından sunulan imkanları kullanmak ve yönetmek sadece kullanıcıları, mevcut teknoloji ve bağlı bulunan bilgi ağları ile iş dünyası imkanlarını değil, aynı zamanda bunlar arasındaki temel ilişkileri de kuvvetlendirecektir [16].

Lisans haklarının devredilmesiyle beraber iletişim pazarında yerini alacak firmalar kullanıcılara ürün ve hizmet çeşitliliğini ve hizmet kalitesini daha ekonomik koşullar altında getireceklerdir.

Sonuç olarak, kritik altyapı ve fonksiyonel görevleri olan organizasyonlar (belediyeler, bakanlık birimleri, askeri ve emniyet birlikleri, GSM firmaları, hizmet sağlayıcılar) lisanslı/lisanssız kullanım haklarının verilmesiyle birlikte belirledikleri güvenlik kriterlerine ve parametrelere uygun olarak bu teknolojiyi kullanacaklardır.

## 6 Kaynaklar

[1] Gülçubuk, B., Aluftekin, N., “Kırsal Kalkınmada İnternet Tabanlı Bilgi Sistemlerinin Kullanımı” XI. Türkiye’de İnternet Konferansı 21-23 Aralık 2006, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi.

[2] Demir, H., “Kablosuz Ağlar”, Ortadoğu Teknik Üniversitesi BİDB Network Group, Nisan 2007.

[3] Telekomünikasyon Kurumu, “Genişbant Sabit Telsiz Erişim (GSTe) Yetkilendirmesi”, 2004.

[4] Wimax (Kablosuz İnternet) Ambulans Projesi <http://www.wimaxturkiye.com>.

[5] White Paper, “Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions”, Wi-Fi and WiMAX Solutions, Intel Corporation, 304471-001US, 2004.

[6] ETSI HiperACCESS, Broadband Radio Access Networks (BRAN); Requirements and Architecture for Broadband Fixed Radio Access Networks, 1998.

[7] Karlık, B., Sahin, Y.G., Ercan, T., Tavlı T., “Bir Tele-Kardiyoloji Sistem Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Proceedings of the Fifth GAP Engineering Congress, 26-28 April 2006, Şanlıurfa, Turkey, v:1, pp:542-547.

[8] Wongthavarawat, K., Ganz, A., IEEE 802.16 based last mile broadband wireless military networks with quality of service support, in: IEEE Military Communications Conference 2003 (MILCOM '03), vol. 2, Monterey, CA, USA, pp. 779–784.

[9] Andrews, J.G., Ghosh, A., Muhamed, R., “Fundamentals of WiMAX, Understanding Broadband Wireless Networking”, pp.5, Prentice Hall, 2007.

[10] Baig, M S., “Signal Processing Requirements for WiMAX (802.16e) Base Station”, Signal Processing Group Department of Signals and Systems, EX018, Chalmers University of Technology, 2005.

[11] White Paper, “Fixed WiMAX Applications Focus: IP Video Surveillance Networks”, Fujitsu Microelectronics America, Inc.

[12] Kuran, M.S., Tugcu, T., “A survey on emerging broadband wireless access technologies”, Elsevier Computer Networks Journal 51(2007), pp.3013–3046.

[13] IEEE 802.16-2005, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems for Mobile Users, 2005.

[14] Hossain, N.D., “Integration of IEEE 802.11 WLANs with IEEE 802.16-based multihop infrastructure mesh/relay networks: A game-theoretic approach to radio resource management”, Network, IEEE Volume 21, Issue 3, May-June 2007, pp.6-14.

[15] Finneran, M.F., “A Comparison of Technologies, Markets, and Business Plans”, WiMAX versus Wi-Fi, dBm Associates Inc., 2004.

[16] Nortel Networks Netaş- Makaleler, “Servis Kalitesinde İlk Adım”, <http://www.netas.com.tr/article10.html>.