

ALTERNATİF GENİŞBANT KABLOSUZ ERİŞİM TEKİNİĞİ: WI-MAX

Abdurrahim TOKTAŞ¹ Ali AKDAĞLI²

¹ Türk Telekom, Mersin İl Müdürlüğü, 33140, Yenişehir, Mersin

² Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Bölümü, 33343, Çiftlikköy, Mersin

¹ e-posta: abdurrahim.toktas@turktelekom.com.tr ² e-posta: akdagli@mersin.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Wi-MAX, Kablosuz genişbant erişim, IEEE 802.16

ÖZET

Wi-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), kısa mesafeli kablosuz erişimlere ve kablo üzerinden çalışan genişbant erişim teknolojilerine alternatif olarak uzak mesafelere kablosuz genişbant erişimi sağlayan nispeten yeni bir tekniktir. Yerleşimi kolay ve fiber optik ağına uzantısı olacak şekilde ölçeklendirilebilen bu teknik, yüksek hızda ve düşük maliyette kablosuz genişbant erişim imkanı sunmaktadır. Wi-MAX'ın taşınabilirliği destekliyor olması bu teknolojinin kısa zamanda bütün dünyada ilgi görmesini sağlamıştır. Wi-MAX baz istasyonları ile yaklaşık 50 kilometre alanda 75 Mbps bantgenişliğine kadar hizmet verebilir. Sunulan çalışmada, kablosuz genişbant erişim tekniği Wi-MAX tekniğinin çalışma prensibi, diğer yöntemler arasındaki yeri ve uygulamaları anlatılmıştır.

1 Giriş

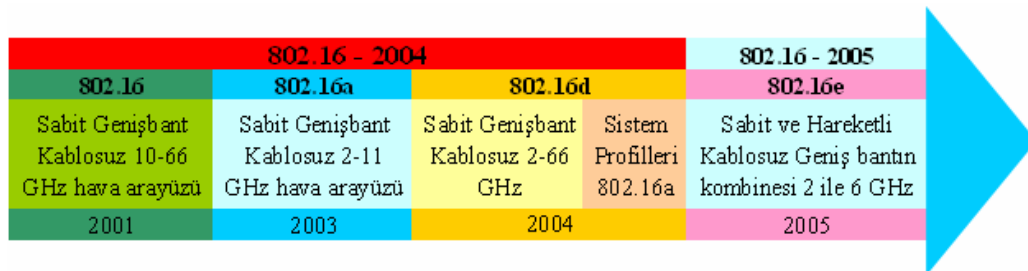
Wi-MAX [1-7], IEEE 802.16 standardı ile sağlanmaktadır. IEEE 802.16 grubunun çalışma konusu kablosuz MAN (Metropolitan Area Network) dır. IEEE 802.16 standardı, kablosuz MAN'ın havadaki arayüz spesifikasyonlarını (IEEE WirelessMAN) tanımlar. IEEE 802.16 çalışma grubu genişbant kablosuz erişim standardını geliştirir ve kablosuz MAN'ın yerleşmesi ve geliştirilmesi için pratik uygulamalarına tavsiyelerde bulunur.

Wi-MAX Forum® endüstriyel kuruluşlar tarafından yönlendirilen, kar amaçlı olmayan, uygunluk ve IEEE 802.16/ETSI HiperMAN standardına dayanan genişbant kablosuz ürünlerin birlikte çalışılabilirliğini yükselten ve sertifikasyonu sağlayan bir kuruluştur. Wi-MAX Forum'un amacı bu sistemlerin pazara

girişlerini hızlandırmaktır. Wi-MAX Forum Certified™ (Wi-MAX Forum tarafından sertifikasyonları sağlanmış) ürünler tamamen birlikte çalışabilir, genişbant sabit ve hareket edebilir mobil servisleri destekler. Bu çizgi çerçevesinde, Wi-MAX Forum, sertifikalı sistemleri müşteri ve devletin isteklerine göre sağlamak için servis sağlayıcılar ve düzenleyici kurumlar ile yakın çalışır.

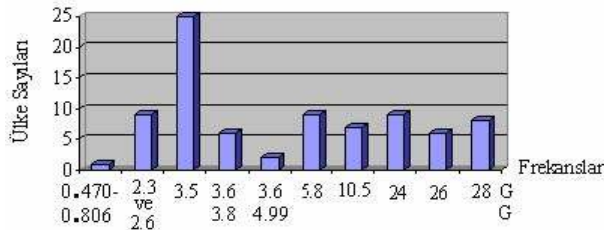
2 Wi-MAX Teknolojisi

Wi-MAX'ın gelişimi, IEEE 802.16 standardının 2001 yılında onaylanması ile başlar. Wi-MAX teknolojisi zamanla gelişir ve 2003 yılında 802.16a standardı, 2004 yılında ise 802.16d onaylanmıştır. Her biri Wi-MAX teknolojisi olan 802.16 ile 802.16a ve 802.16d standartları arasındaki temel farklar: LOS (Line Of Sight) ve Non-LOS (Non Line of Sight) olmaları; kapsama alanları, sabit, gezgin olması ve bant kapasiteleridir. Wi-MAX teknolojisinin günlük yaşama hızla girmesini sağlayacak standart IEEE 802.16e kodu ile tanımlanmaktadır. Wi-MAX ana evrimini tamamlayacak olan 802.16e'yi diğer Wi-MAX standartlarından ayıran en temel farkı gezgin olmasıdır. Her biri Wi-MAX teknolojisi olan 802.16a sabit, 802.16d gezgin, taşınabilir hizmetlerdir. 802.16e ise kullanıcının hareket halinde iken hizmet alabilmesidir. Yani bir Wi-MAX 802.16e kullanıcısı, örneğin bir otomobil veya trende çok hızla hareket ediyorken yüksek hızda data bağlantısı kurabilecek; bu bağlantı üzerinden kaliteli telefon görüşmesi yapabilecek, DVD kalitesinde film izleyebilecek ve video konferans gerçekleştirecektir. Ancak 802.16e kodlu bu mobil Wi-MAX hizmetinin standartlaşması, ürünlerin sertifikalı olarak üretilmesi ve kullanımının yaygınlaşması için 2007'nden sonra beklenmektedir. Şekil 1'de 802.16 standardının tarihsel olarak gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 1: 802.16 Standardının gelişimi

Şekil 2’de verilen grafikten de görüleceği gibi 2-11 GHz bandında kullanılan Wi-MAX teknolojisinde ülkelerin eğilimi büyük ağırlıkla 3.5 GHz (3400-3600 MHz) bandındadır. Bunu takibeden ikinci eğilim ise 2.3 ve 2.6 GHz (2500-2690 MHz) bandına olmaktadır. Wi-MAX şebekesi kurulması için gereken Wi-MAX Forum sertifikalı ürünlerin piyasaya çıkışının beklenmesi, test izinlerinin sayısının artmasına, dolayısıyla da Wi-MAX şebeke kurulumlarının çok yeni başlamasına yol açmıştır. Yine de verilen lisanslar ile teknolojinin yayılım hızı oldukça çarpıcıdır. Bugün gelinen noktada ise ABD’li araştırma firması Telegeography Research’e göre, Doğu Avrupa’daki 57 operatör de dahil olmak üzere dünya genelinde 345 operatörün Wi-MAX lisansı alarak denemelere veya ticari servis sunmaya başladıklarını, kurdukları baz istasyonu sayısı yaklaşık beşbini ve abone ekipmanlarının sayısı ise onbinleri bulmuştur.



Şekil 2: Kullanılan veya planlanan frekansların dağılımı

Wi-MAX, Türkiye’de test aşamasına başlamıştır. 2005 yılında Telekomünikasyon Kurumu lisanslama için gerekli alt yapı oluşturma işlemlerine hız vermiştir ve 2008’de lisanslamanın başlanması beklenmektedir. 2005 Ekim ayında Türk Telekom ve Intel işbirliği ile ilk Wi-MAX testleri, Yozgat Boğazlıyan köyünde yapılmıştır. ADSL altyapısı bulunmayan köyde kurulan Wi-MAX vericisi sayesinde 50 km’lik bir alanda kablosuz internet erişimi sağlanmıştır. Öte yandan Wi-MAX için girişilen ilk özel teşebbüs Superonline oldu. Superonline, Telekomünikasyon Kurumundan 1 Şubat 2006 itibaren WiMAX’ı test etmek için izin aldı. Bu izin kapsamında Superonline İstanbul’da Beşiktaş ve Levent’de iki baz istasyonu kurdu. Wi-MAX, ülkemizde geniş bant internete kablosuz ulaşabilmek için yeni alternatif konumundadır.

3 Wi-MAX Teknoloji Ailesi

3.1 IEEE 802.16 Standardı

Genişbant kablosuz erişimi yarıçapı birkaç kilometre olan baz istasyonu hücre yapısını kullanmaktadır. Baz istasyonunun bir kulenin üzerine koyma gereksinimi yoktur. Genelde yüksek binaların çatılarına veya buna benzer su kuleleri gibi yapıların üzerine kurulmaktadır. TV antenine benzer müşteri taraflı cihazlar, müşteriyi baz istasyonuna

bağlamaktadır. Daha sonra sinyal standart bir kabloyla direk olarak bir bilgisayara yönlendirilir, veya 802.11 veya Ethernet LAN ile bir çok bilgisayara yönlendirilir.

IEEE 802.16 standardı 10-66 GHz aralığında çalışacak şekilde dizayn edilmiş, fiziksel katman (PHY) ve BWA sistemlerinin hava arayüzünün medium access control (MAC) katmanını tanımlar. 10-66 GHz arasında transmisyon LOS’u (Line Of Sight) gerektirir.

Fiziksel katman NLOS (Non Line of Sight) gerektiren operasyonlarda daha alçak frekans uygulamaları için uygun değildir. Bu nedenle IEEE Nisan 2003’te NLOS gerekliliğini sağlamak için 802.16a standardını yayınlamıştır. Bu standart IEEE 802.11 standardının uzantısı olarak, lisans gerektiren veya gerektirmeyen frekanslarda 2 GHz ile 11 GHz arasında çalışmaktadır. Bundan sonra gelen iyileştirmeler, 802.16 hava arayüzü standardının NLOS uygulamalarında lisanslı ve lisansız olarak alt 11 GHz frekans aralığını kaplamaya yönelik olmuştur. Kablosuz LAN ve WAN arasındaki boşluğu doldurmak, Wi-MAX uyumlu sistemleri ucuz sabit kablosuz teknolojiyi geleneksel kablolu DSL’e alternatifi olarak sağlayacaktır. Daha önemlisi, Wi-MAX teknolojisi ucuz genişbant erişim çözümünü DSL ve kablunun gidemediği yerlerde de uygulanabilecektir. IEEE 802.16 ‘nın gelişimi mobil uygulamalarda genişbant erişim için Wi-MAX uyumlu telefon ve PDA’lerden dizüstü bilgisayara kadar taşınabilir cihazların gelişmesini sağlayacaktır. Tablo 1’de Wi-MAX Forum’un 802.16 standardının özeti bulunmaktadır.

3.2 IEEE 802.16a Standardı

IEEE 802.16a standardı kullanıcılara, baz istasyonu ile direk görüş olmaksızın (NLOS) bağlanma imkanı sunmaktadır.

IEEE 802.16a üç adet hava arayüz spesifikasyonlarını tanımlar ve bu üç seçenek sayesinde sistem üreticileri kendi ürünlerini kişileştirme fırsatına sahip olurlar. Bu üç 802.16a fiziksel arayüz spesifikasyonları şunlardır:

- Wireless MAN-SC; Single Carrier (Tekli Taşıyıcı) Modülasyonu formatını kullanır.
- Wireless MAN-OFDM; Ortogonal Frequency Division Multiplexing, 256 nokta Fast Fourier Transform (FFT) ‘ı kullanılır. Bu modülasyon lisans için muaf tutulmaktadır.
- Wireless MAN-OFDMA; orthogonal frequency division multiple access, 2048 nokta FFT kullanılır. Çoklu taşıyıcı subset’lerinin bireysel alıcılara adreslenmesi ile çoklu erişim sağlanır.

Bitiş Tarihi	802.16 Aralık 2001	802.16a/ 802.16REVd 802.16a: Ocak 2003 802.16RevD: Q3 2004	802.16e 2005
Spectrum	10 ile 66 GHz	<11 GHz	<6 GHz
Kanal Durumu	Line Of Sight Only	Non-Line Of Sight	Non-Line Of Sight
Bit Hızı	32 ile 134 Mbps	75 Mbps max 20-Mhz kanalizasyon	15 Mbps Max 5-Mhz kanalizasyon
Modulasyon	QPSK 16 QAM 64 QAM	OFDM 256 subcarrier QPSK 16QAM 64QAM	OFDM 256 subcarrier QPSK 16QAM 64QAM
Taşınabilirlik	Sabit	Sabit	Yaya taşınabilirliği Bölgesel roaming
Kanal Bantgenişliği	20, 25 ve 28 MHz	Seçilebilir aralık 1.25 ve 20 MHz	Uplink subchannel ile birlikte 802.16a ile aynı
Tipik Hicre Yarıçapı	1.5 – 5 km arası	5 ten 8 km (50 km max; kule üzerinde, anten kazancı ve verici gücüne bağlı)	1.5 – 5 km arası

Tablo 1: Wi-MAX Forum'un 802.16 standardının özeti

3.3 Birlikte Çalışılabilirlik (Inter-operability) ve QoS

Wi-MAX, 3. katmanda (Network katmanı) bağlantısını tanımlayan, bir birinci katman (PHY or Physical layer) ve 2. katman (MAC or Media Access Control layer) teknolojisidir. IEEE daha üst katmanları, yenilik ve standardizasyon yapımları için 3. parti organizasyonlara bırakmıştır. Sonuç olarak Wi-MAX, geniş çaplı birçok sistemi kablolu veya kablolu IP core'a bağlar. Özellikle, IP multimedia alt sistemine veya 3G hücresel uyumlu, IP tabanlı QoS ve ortak uygulamaları olan 3 GPP standartlarına dayanan IMS tabanlı core'a mevcut altyapıya yatırım yapmaksızın açık bir fırsat olarak interconnecting roaming'i sunmaktadır. IP katmanında bağlantı, ayrıca Wi-MAX'ı diğer networklerde taşınabilirliği sağlamaktadır.

3.4 Kablosuz Servisler

Wi-MAX iki çeşit kablosuz servis sağlamaktadır.

- Non-Line-of-Sight (NLOS); WiFi, abone bilgisayarına yerleştirilmiş küçük bir anten ile verici anten ile bağlantıyı sağlayan bir çeşit servistir. Bu mode, Wi-MAX alçak frekans aralığını 2 GHz ile 11 GHz (WiFi gibi) kullanmaktadır. Düşük frekanslı transmisyonlar fiziksel engellerden kolay etkilenmezler. Bunlar engellerin etrafından daha rahat kırılarak veya dönerek geçerler.
- Line-of-Sight (LOS); sabit bir çanak anten direk olarak Wi-MAX baz istasyonunun yerleştiği çatıyı veya kuleyi görür. LOS bağlantısı daha güçlü ve istikrarlıdır, bu yüzden büyük miktarda veriyi az bir hata ile gönderebilir. LOS bağlantısı 66 GHz'z varan yüksek frekansları kullanır. Yüksek frekanslarda daha az sinyal bozulması ve daha geniş bant genişliği sağlar.

3.5 Wi-MAX'ın Altyapısı

Genel olarak bir Wi-MAX sistemi iki bölümden

oluşur:

- Wi-MAX BAZ İstasyonu: Baz istasyon dahili elektronik parçalar ve bir Wi-MAX kulesinden oluşur. Genel olarak , bir baz istasyonu 10 km çaplı bir alanı kapsar. (Teorik olarak, bir baz istasyonu 50 km çaplı bir alanı ya da 30 mil alanı kapsar. Buna karşılık, pratik tahminler bunu 10 km çaplı alana ya da 6 mile kadar sınırlar). Kapsama alanı içindeki herhangi bir kablolu nod internete erişimi sağlamış olacaktır.
- Wi-MAX Alıcısı: Alıcı ve anten bilgisayarınıza ya da laptop'unuza yerleştirilen bir PC kartı ya da tek başına bir kutu olabilir. Wi-MAX Baz İstasyonu'na erişim, herhangi bir WiFi ağının içindeki bir Kablosuz Erişim Noktası'na erişime benzer. Fakat kapsama alanı daha fazladır.

Birkaç baz istasyonları diğer bir baz istasyona çok hızlı backhaul microdalga linkler ile bağlanabilir. Bu durum, hücresel telefon şirketleri tarafından etkin kılınmış olan hücreler arası serbest dolaşıma benzer bir şekilde, Wi-MAX abonesi bir baz istasyonundan bir diğer baz istasyonu alanına serbest dolaşıma için izin vermiş olacaktır

Birkaç topoloji ve backhauling seçenekleri Wi-MAX baz istasyonunu desteklenmiş olacaktır. Wi-MAX backhaul'a ilave olarak kablolu backhauling (tipik olarak Ethernet üzerinden), mikrodalga noktadan noktaya bağlantı kullanılabilir. Daha sonraki seçenek, baz istasyonu kendi başına backhaul yapma kapasitesine sahip olacaktır. Bu normal olarak son kullanıcı için ayrılmış bantgenişliğini backhauling için kullanılmasıyla sağlanabilir.

3.6 Taşınabilir Wi-MAX

Mobil Wi-MAX, mobil ve sabit genişbant network'lerin bir ortak alan genişbant radyo erişim teknolojisine ve esnek network mimarisine yakınsamasını yapabilen bir genişbant kablosuz çözümdür. Mobil Wi-MAX hava arayüzü, NLOS çevresi içinde geliştirilmiş multi-path performans için Orthogonal Frequency Division Multiple Access

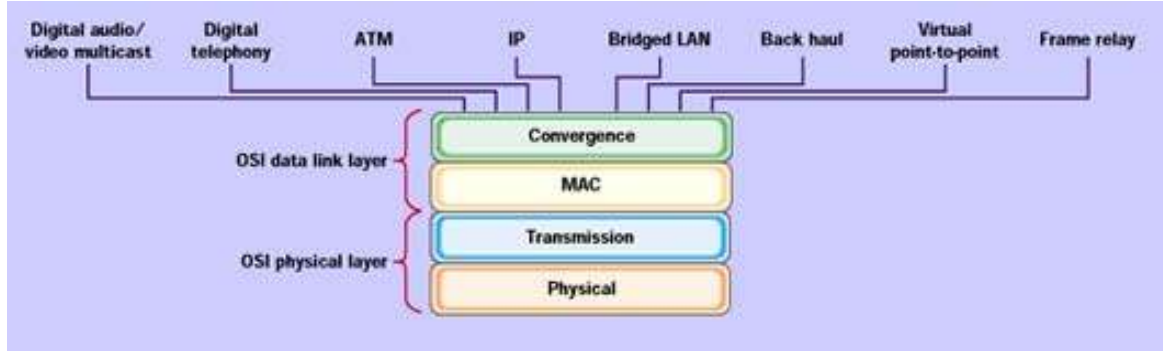
(OFDMA)'mi benimsemiştir. Ölçeklenebilir OFDMA (SOFDMA), 1.25'den 20 MHz'e kadar ölçeklenebilir kanal bantgenişliklerini geliştirmek için IEEE 802.16'nin içine alınmıştır. Wi-MAX Forum içinde bulunan Mobil Teknik Grubu (MTG), Wi-MAX Forum tarafından sertifikalandırılmış Mobil Wi-MAX uyumlu hava arayüzünü inşaa etmek için gerekli olan IEEE standardının zorunlu ve opsiyonel özelliklerinin tanımlanması olacak Mobil Wi-MAX sistem profillerini geliştirmektedir. Mobil Wi-MAX Sistem Profilleri mobil sistemleri sağlayacak, tamamen birlikte çalışabilir terminaller ve baz istasyonu için temel fonksiyonları sağlamak için ortak özelliklere dayanarak konfigürasyonun gerçekleştirir. Baz istasyonu profillerinin bazı elemanları, kapasitesi veya kapsamı optimize edilmiş farklı konfigürasyonlar gerektiren özellikli Wi-MAX yerleşme senaryolarına dayanan yerleşim için artırılabilir esneklik sağlamak üzere opsiyonel olarak tanımlanmıştır. Release-1 Mobil Wi-MAX profilleri, 2.3 GHz, 2.5 GHz, ve 3.5 GHz bantları içinde lisanslı dünya çapında spectrum yerleşimleri 5, 7, 8.75, ve 10 MHz kanal bantgenişliğini kapsayacaktır.

4 Wi-MAX'ın Kullandığı Teknolojiler

4.1 Fiziksel Katman Tanımlaması

Wi-MAX kullanıcı terminalleri PC kartları (bugün WLAN'da olduğu gibi) kullanarak uzak mesafelerdeki müşterilere güvenli servis sağlayabilmelidir. Bu

gerekliklerden, transmit edilen gücün sağlığına etki edecek limitlere uyumlu olması mikrodalga limitlerini oluşturacaktır. Veriş (uplink) içindeki alt kanal oluşturma ve bas istasyonundaki smart antenler bu sınırlamaların üstesinden gelebilmelidir. Wi-MAX sistemi hedef uygulamaları tarafından yürütülen bütün taleplerini desteklemek için yeni radyo fiziksel katmanı ve uygun MAC katmanına dayanmaktadır. PHY katman modülasyonu, farklı tip servisler (VoIP, real-time and non real-time services) için optimize edilmiş kaynak dağılımını ve QoS'i desteklemesi için merkezileştirilmiş MAC Katmanı ile kombinasyonu ile birlikteliği için OFDMA'a dayanmaktadır. OFDMA PHY katmanı, 2-11 GHz frekans aralık çevresinde NLOS yayılması için çok iyi adapte edilmiştir. OFDMA NLOS refleksiyondan meydana gelen önemli gecikmeyi idare edeceği zaman doğal olarak çok güçlüdür. Radyo kanal kapasitesine göre bireysel her aboneye uygulanan uyarlanabilir modülasyon ile birlikte, OFDMA yaklaşık 3 – 4 bit/s/Hz arası yüksek bir spectral verim sağlayabilir. Buna karşılık, Single Carrier Modulation'ın aksine, OFDMA sinyali yükselen bir peak'e sahiptir: Ortalama radio ve yükselen frekans doğruluğu gerekmektedir. Bu yüzden, uygun güç amplifikatörleri ve frekans doğrultucu konsepti seçimi çok önemlidir. Wi-MAX, mevcut spectrum kaynakları ve hedef servisler için çeşitli gereklilikleri karşılamak için kanal bazında esneklik, taşıyıcı frekans ve duplex mod (TDD ve FDD)'u sağlamaktadır.



Şekil 3: IEEE 802.16 protokol mimarisi

4.2 MAC Katmanı Tanımlaması

802.16 standardı başlangıçta video, veri ve sesi içeren genişbant servislerin dağıtımı için geliştirilmiştir. MAC katmanı time-proven DOCSIS standardına dayanmakta ve aynı kanal üzerinden gecikme hassasiyeti olan ses trafiğini ve anlık video yayın ihtiyacını en yüksek hızlardaki veri trafiğini desteklemektedir. MAC denetçisi tarafından bir terminalin kaynak dağılımı yalnız bir zaman aralığından tüm çerçeveye kadar değişebilir, bu sayede herhangi bir zamanda belirli bir terminale doğru çok geniş dinamik bir aralık oluşturulur. Ayrıca, kaynak dağılımı bilgisi her çerçevenin başında MAP mesajları içinde nakledildiği için, programcı doğal olarak akan

trafiğe adapte olması için çerçeveden çerçeveye temeline kaynak dağılımını değiştirebilir. Aşağıda Tablo 2'de MAC özelliklerini görülmektedir.

5 Wi-MAX Forum

Wi-MAX Forum Nisan 2001 yılında ekipman ve sistem üreticileri tarafından, genişbant kablosuz erişim ekipmanlarının uyumluluğunu ve birlikte çalışılabilirliği sertifikalandırmak için, kar amacı olmayan bir şirket olarak kurulmuştur. Eylül 2007 itibarıyla tüm dünyadan 500 civarından firma üyesi bulunmaktadır. Türkiye'den Süperonline ve Borusan şirketleri Wi-MAX forum üyeleri arasındadır. Wi-MAX Forum kablosuz ve bilgisayar sektörüne destek verdiği ve Wi-MAX standardını agresif olarak

Özellik	Faydası
TDM/TDM Uplink/Downlink çerçeveleri planlar	•Verimli bantgenişliği kullanımı
1'den yüzlerce aboneye kadar ölçeklendirir	•Sağlam bir iş durumunu dağıtmak için yeterli aboneyi desteklemek için düşük fiyat etkili yerleşime izin verir
Bağlantı-yönelimli	•Bağlantı başına QoS •Daha Hızlı paket yönlendirmesi ve iletmesi
QoS supportContinuous GrantReal Time Variable Bit RateNon Real Variable RateBest Effort	•Gecikmeye hassas olan servisler için düşük gecikme (TDM Voice, VoIP) •VBR trafik için Optimal transport (örnek; video) Veri polarizasyonu
Otomatik olarak Retransmission isteği (ARQ)	• RF katmanını gizleyemek suretiyle daha üst katmanlardaki hataları azaltarak Uçtan Uca performansı geliştirir
Adaptive modülasyonu destekler	•Kanal durumunun izin verdiği en yüksek hızı sağlar, sistem kapasitesini iyileştirir
Güvenlik ve şifreleme (üçlü DES)	•Kullanıcı özelini korur
Otomatik Güç kontrol	•Kendi kendine interferansı azaltarak GSM yerleşimini sağlar

pazarladığı bir koalisyonudur.

Tablo 2: 802.16a MAC özellikleri

Wi-MAX'ın teknoloji yerleşim planına göre; Wi-MAX Forum, teknolojinin iki fazda pazara girişini öngörmektedir.

1. Faz (2004 - 2005): Sabit Lokasyonda, Özel Hat Servisleri, Hot Spot Back-Haul.

İlk 802.16 standardını temel alarak, Wi-MAX'ın Faz 1 yerleşimi, kuruluşlara özel hat servisleri sağlanarak başladı. Towerstream Wireless gibi şirketler 600'den fazla müşteriye, bunların içinde New York , Boston ve Chicago'da bulunan 6 büyük marketler kablosuz internet erişimi sunmuştur. Faz 1'de ayrıca, yerel Wi-Fi hot spot'ları merkezini, yüksek kapasite internet bağlantısına entegre etmek de var.

2. Faz (2005 - 2006):Genişbant Kablosuz Erişim/Kablosuz DSL.

Pazar girişinin 2. Faz'ı Wi-MAX teknolojisinin ilk seri market uygulamasını gerektirir. Bilgisayar endüstrisinin önemlilerinden Intel ve Dell'in de içinde bulunduğu firmaların düşük fiyatlı kullanıcı bazlı ekipmanlarının kurulumunu geliştirmek. Wi-MAX Forum, uygun ekipmanların ortaya çıkmasıyla, Wi-MAX kullanan kablosuz internet servis sağlayıcıların aynı oranda artacağını ummaktadır.

3. Faz (2007): Taşınabilir/Göçebe kullanıcılar.

Pazar girişinin 3. Faz'ı mobil-genişbant pazarın yerleşimi üzerinde durmaktadır. Bu son fazda dizüstü bilgisayarlar ve diğer taşınabilir cihazlar tamamen Wi-MAX entegre-devre ve anten entegrasyonu sağnacaktır. Bu sayede göçebe durumunda olan kullanıcılar genişbant uygulamaları olan dosya, video ve multimedia sunumlarını gerçek zamanlı kablosuz bağlantı üzerinden alıp gönderebileceklerdir. Wi-MAX Forum ayrıca, bu teknolojinin diğer ürün ve servislerde de kullanacağını ummaktadır.

Forum endüstriyel standartların adaptasyonu, Wi-MAX'ın başarılı bir şekilde yerleşmesinde kilit rol oynayacağına inanmaktadır. Örneğin, WiFi'in ilk yerleştiği sırada, endüstriyel standardındaki eksiklik, çok önemli bir problem ortaya çıkardı. WiFi'nin yerleştiği ilk günlerde, endüstriyel standartları adaptasyonu tamamlanmadan pazarda bu ürünlerle dolup taştı. Sonuç olarak birlikte çalışılabilirliğin

yetersizliği pahalılığa neden olmaktadır.

Her ne kadar Wi-MAX genel olarak genişbant erişimin alternatifi olarak söylenirse, resmi Wi-MAX sertifikasyonları tamamlanmadan Wi-MAX ekipmanlarının ortaya çıkmayacağı önemli bir noktadır. "802.16 compatible" veya "pre Wi-MAX" veya "Wi-MAX compliant" gibi anlamsız terminolojiler Wi-MAX Forum tarafından desteklenmemektedir. Bazı üreticiler "pre-Wi-MAX" terminolojisini kullanarak, daha sonra donanım ve yazılım modifikasyonlarının gelecekte yerleşecek "Wi-MAX certified" seviyesine güncelleyebilecektir.

6 Wi-MAX ve WLAN Karşılaştırması

WLAN 'dan farklı olarak, Wi-MAX Media Access Control (MAC) katmanını sağlayarak, grant-request mekanizmasını kullanarak veri alışverişini yetkilendirir. Bu özellik, özellikle smart antenleri kullanarak radyo kanal kaynaklarını daha iyi kullanmaya ve her bir kullanıcının tarafığını bağımsız olark yönetmeye izin verir.

Bu gerçek zamanlı ses uygulamalarını basitleştiriyor. WLAN'ın genişlemesini engelleyen unsurlardan bir tanesi de; zayıf güvenlik özelliğidir. Wi-MAX, güvenli veri alışverini sağlamak için güvenlik özelliklerinin tamamını sağlamaktadır.

- Sertifikasyon değiş tokuş edilmesi ile Terminal yetkilendirmesi sağlanarak dolandırıcılar engelleniyor.
- Extensible Authentication Protocol (EAP) kullanarak kullanıcı yetkilendirilmesi sağlanıyor.
- Data Encryption Standard (DES) veya Advanced Encryption Standard (AES) kullanarak veri şifrenmesi, her ikisinde başlangıçta WLAN'da kullanılan Wireless Equivalent Privacy (WEP)'den çok güvenlidir. Her servis kendi güvenlik kurallarını ve özel key'leri kullanarak şifrenilir.

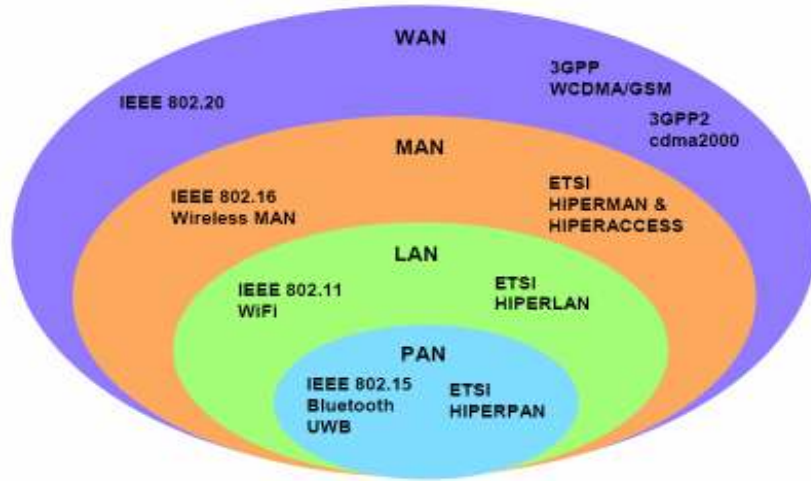
Şekil 4 ve Tablo 3'de Wi-MAX'ın diğer global standartlar ile ilişkisini görölmektedir.

7 Sonuç

Wi-MAX, iş yerlerine ve evlere nihai hizmeti vermek isteyen kablolu operatörlere, operasyon alanlarındaki giderleri azaltmak veya yeni pazarlara girmek için fırsat sunmaktadır. 802.16, istenmeyen spektruma sahip olmasına rağmen, 2G veya 3G ses servislerine ilave olarak geniş bant IP servisleri sunmak isteyen operatörlere giderlerini düşürme fırsatı sunmakta ve operatörlere rekabet edilebilir pazarlara girme izni vermektedir.

Hücre (cell) yapıcısını desteklemesine, inşaat çalışmalarına, kulelere ve daha birçok gerekliliğe rağmen toplam olarak Wi-MAX ekipmanlarının montajı 2G ve 3G kablosuz networklarından daha azdır. Wi-MAX'ın tüm IP yapısı QoS gerektiren yüksek genişbant multimedia uygulamalarına, mobil ses ve mesajlaşma servislerine imkan tanımaktadır. IEEE 802.16 grubundaki son gelişmeler, genişbant

kablosuz erişimi benzersiz teknik karakteristiği sayesinde bir standarda doğru devrim gerçekleştirmektedir. Bunun paralelinde endüstriyel liderler tarafından desteklenen Wi-MAX Forum, bu teknoloji için bir marka yaratmak suretiyle genişbant kablosuz erişimi geniş çevrelere yaymaya yardım etmektedir. Başlangıçta, Wi-MAX bölünmüş dijitali birleştirecek ve rekabetçi ekipman fiyatları sayesinde, düşük bakır kalitesi yüzünden yüksek hızda internete ve genişbant üzerinden sese izin vermeyen pahalı DSL pazarını kaplayarak genişlemesi Wi-MAX'ın yerleşim amacıdır. Wi-MAX taşınabilir internet gerçeğini gerçekleştirmesi sayesinde maksimum seviyeye ulaşacaktır. Laptop'lara ve diğer taşınabilir cihazlara Wi-MAX çipset'leri entegre edildiği zaman, şimdiki metropolitan alanlardaki yerel WLAN'ların alan kısıtlamasını genişleterek hareket halindeyken yüksek hızda veri servisleri sağlayacaktır.



Şekil 4: Diğer Global Standardlar ile ilişkisi

Parametreler	802.16 (Wi-MAX)	802.11 (WLAN)	802.15 (Bluetooth)
Kapsama Alanı	Metropolitan Area Network	Local Area Network	Personal Area Network
Frekans Bandı:	2-11GHz	2.4GHz	Değişmektedir
Range (Aralık)	~50 km	~100 meters	~10meters
Veri Aktarım Hızı:	70 Mbps	11 Mbps – 55 Mbps	20Kbps – 55 Mbps
Kullanıcı Sayısı:	Binlerce	Onlarca	Onlarca

Tablo 3: Kablosuz erişim teknolojilerinin karşılaştırılması

Çeşitli erişimler arasında kolay dolaşım (seamless roaming) yeni networklerin entegre olmasıyla, Wi-MAX son kullanıcılara “Her zaman En İyi Bağlantı” deneyimi yaşatacaktır. Bu türlü yeteneklerin kombinasyonu, Wi-MAX'ı insanların çeşitli geniş kısmı olan sabit operatörler, mobil operatörler ve kablosuz ISP'ler (Internet Servis Provider) için çekici kılacaktır. Dünya çapındaki genişbant pazarının %37'sine sahip lideri Alcatel, Wi-MAX servislerinin başarılı yerleşimi için gerekli operasyonel dönüşüme ve toplam yatırıma eksiksiz destek vermeyi teklif etmektedir.

8 Referanslar

- [1] www.Wi-MAXforum.com
- [2] <http://www.ieee802.org/16/>
- [3] Wi-MAX Forum: Mobile Wi-MAX Part1 Overview and Performance
- [4] Wi-MAX Forum: Mobile Wi MAX Part2 Comparative Analysis
- [5] Sanida Omerovic: Wi-MAX Overview, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Slovenia
- [6] Intel: Understanding Wi-Fi and Wi-MAX as Metro-Access Solutions
- [7] J. Küçükünsal, Y. Baykal: Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Wi-MAX'de Dünyadaki Durum