

WLAN, WiMAX ve UMTS TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Yrd. Doç. Dr. Aktül Kavas
Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi
aktul.kavas@gmail.com

Telsiz geniş band teknolojileri, bilginin istenilen konumda, istenilen zamanda, düşük maliyetle geniş kitlelere ulaşmasını sağlamaktadır. Kullanıcı bakış açısından yeni teknolojiler yaşantımıza yaratıcı ve kişisel hizmetler sunar. Son 10 yılda haberleşmenin ses haberleşmesi olarak yapılmasının yanı sıra beden dili, yüz ifadeleri, görüntüler ve hareketli resimler gibi görüntü işaretlerinin gönderilmesi yeni nesil geniş band haberleşme teknolojileri ile mümkün olmaktadır. Yine son kullanıcı açısından kullanıcı cihazlarının gezgin haberleşme sağlayan, küçük, hafif, kapsama alanı içerisinde, esnek haberleşme kabiliyetine sahip cihazlar olması beklenmektedir.

Haberleşme teknolojileri açısından durum değerlendirildiğinde devre anahtarlamalı sistemlerin yerini paket anahtarlamalı sistemlere bırakmasıyla yüksek iletim hızları elde edilmiş, teknolojiye bu gelişmeler 2.5 ve 3. nesil haberleşme sistemlerini kullanan abonelere yeni fırsatlar sunmuştur. 3GPP (3 nesil ortaklık proje grubu) tarafından tanımlanan ticari UMTS (Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi) şebekeleri ile birçok ülkede operatörler abonelerine geniş bantlı ses, veri ve video hizmetleri vermektedir.

Teknolojilerin gelişmesi ile WLAN (Telsiz Yerel Ağlar), WiMAX (Mikrodalga

Erişim için Dünya Çapında Çalışılabilirlik) ve HSPA (Yüksek Hızlı Paket Erişim) teknolojileri günlük hayatımıza girmektedir. Böylece IP tabanlı yeni teknolojiler sabit, gezgin ve göçebe ortamlarda yüksek hızda ses, video ve veri trafiğini yüksek kapasite ve düşük maliyetle sunmaktadır. IP tabanlı bu teknolojiler için önemli olan soru, söz konusu teknolojilerin 3. nesil haberleşme sistemlerinin tamamlayıcısı mı, yoksa rakibi mi olduğudur.

Telsiz Yerel Ağlar (WLAN)

Telsiz yerel ağlar, geleneksel ağ teknolojilerinin bütün özelliklerini sağlamakla birlikte bu hizmeti telsiz olarak kablolarla gerek duymadan verir. IEEE (Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) 1997 yılında telsiz ağlar için 802.11 standardını onaylamıştır. Bugün 802.11 standardı bina içi haberleşmede ve bina dışı haberleşmede bir noktadan çok noktaya veya bir noktadan bir noktaya haberleşme için kullanılmaktadır.

Telsiz ağlar 2.4 GHz ve 5 GHz frekans bandlarında 30 metre uzaklığa kadar 54 Mbps veri iletim hızında çalışırlar.

Telsiz yerel ağlar yerel kullanım amacıyla geliştirilmiş olduklarından 25-100 metre haberleşme mesafesine

sahiptirler. Günümüzde en fazla kullanılan standartlar 802.11a, 802.11b ve 802.11g standartlarıdır.

IEEE 802.11 a:

- 5 GHz frekans bandını fiziksel katmanda OFDM teknolojisini ve mevcut 52 alt taşıyıcıdan 48 ini trafik yükünü taşımak üzere kullanır.
- 8 adet örtüşmeyen olmak üzere 12 kanalı mevcuttur.
- 6 Mbps den 54 Mbps' a (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 veya 54 Mbps) kadar veri hızlarında haberleşebilir.
- Çoklu kanal yapısına sahip olduğundan farklı ve yüksek veri hızlarında çalışmaya elverişli esnek yapıya sahiptir.
- Ağ yapısı, erişim noktalarının girişime neden olmayacak şekilde planlanmasını gerektirir.
- 5 GHz frekans bandında çalıştığından diğer cihazlardan gelecek girişimden etkilenmezler.
- Teorik data hızı erişim noktasından uzaklaştıkça hızla düşer.

IEEE 802.11 b:

- 2.4 GHz frekans bandını kullanır.
- Fiziksel katmanda Doğrudan Dizi- li Yayılı Spektrum (DSSS) kullanılarak 11 Mbps veri hızını 100m ile birkaç yüz metre içinde sağlar.

- Birbirlerine girişim yaratmadan aynı ortamda çalışabilecek erişim noktası sayısı 3'dür.
- Üç tanesi örtüşmeyen 11 kanalı mevcut olup 1 Mbps'den 11 Mbps'a kadar veri hızlarını destekler.
- 2.4 GHz frekans bandında çalışması dolayısıyla diğer cihazlardan (mikrodalga fırın, radar, vb) gelecek girişim etkilerine maruz kalmaktadır.
- Güvenlik açıkları mevcuttur.

IEEE 802.11 g:

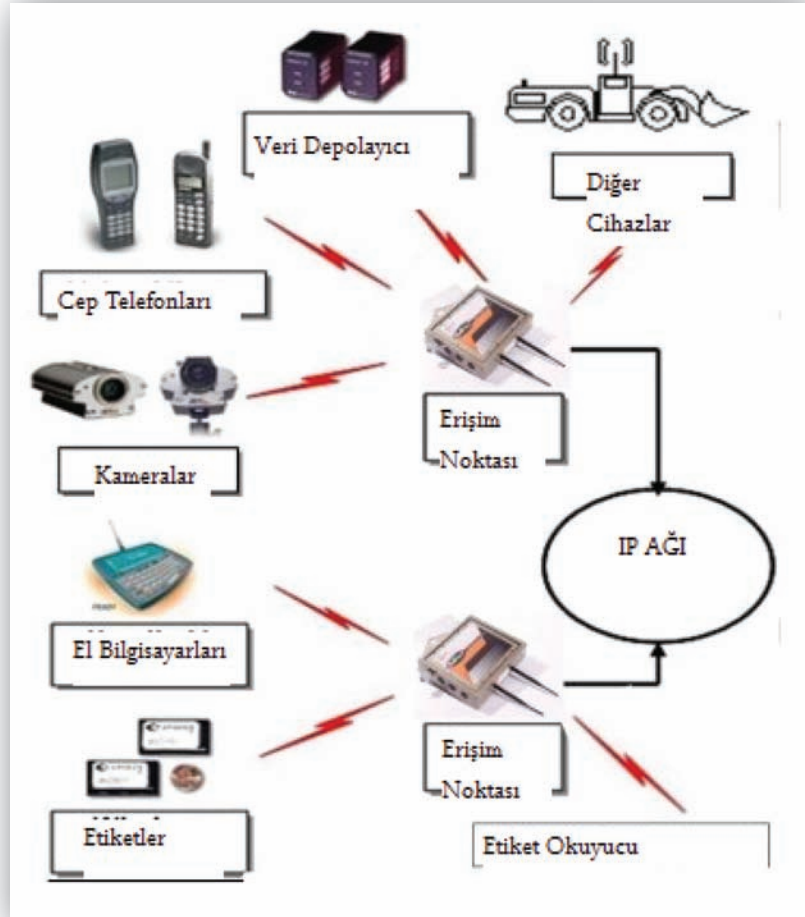
- 802.11b'nin gelişmiş standardıdır.
- 2.4 GHz frekans bandını kullanır.
- 54 Mbps veri hızını sağlar.
- Fiziksel katmanda OFDM tekniği kullanarak yüzlerce metre mesafede yüksek veri hızlarında haberleşme sağlar.

802.11 g standardına ilişkin kanal yapısı tablo 1 de verilmektedir.

Mikrodalga Erişimi İçin Dünya Geneline Birlikte Çalışabilirlik (WiMAX)

WiMAX (Worldwide Interoperability Microwave Access) dünya genelinde sistemlerin birbiriyle uyumlu halde çalışarak mikrodalga erişim sağlayabilmesi amacıyla geliştirilen sistemdir. WiMAX, 802.16x ve ETSI HiperMAN standartlarına dayandırılan, geniş bantda telsiz erişim sağlama ihtiyacına cevap vermek üzere tasarlanmış teknolojidir. Kırsal bölgelerde sabit geniş band olanaklarını sunmanın güç olduğu yerlerde, yada şehir yaşamında servis veren şirketlerin kendi bölgesel şebekeleri arasında hızlı ve güvenilir haberleşme altyapısını oluşturmasını sağlar. Bir başka deyişle WiMAX, Metropol Ağ temeli üzerine kurulmuş teknolojidir.

IEEE 802.16 standardı ve uygulanan teknoloji WiMAX ile yüksek veri iletim hızlarında büyük kapsama alanlarında çok sayıda kullanıcıya hizmet verilmesi hedeflenmektedir. Böylece mevcut



Şekil 1- Telsiz Yerel Ağ Yapısı

Tablo 1- 2.4 GHz Kanal yapısı

	Merkez Frekansı	ABD	Avrupa, Orta Doğu Ve Asya	Japonya
1	2412 MHz	X	X	X
2	2417 MHz	X	X	X
3	2422 MHz	X	X	X
4	2427 MHz	X	X	X
5	2432 MHz	X	X	X
6	2437 MHz	X	X	X
7	2442 MHz	X	X	X
8	2447 MHz	X	X	X
9	2452 MHz	X	X	X
10	2457 MHz	X	X	X
11	2462 MHz	X	X	X
12	2467 MHz		X	X
13	2472 MHz		X	X
14	2484 MHz			X

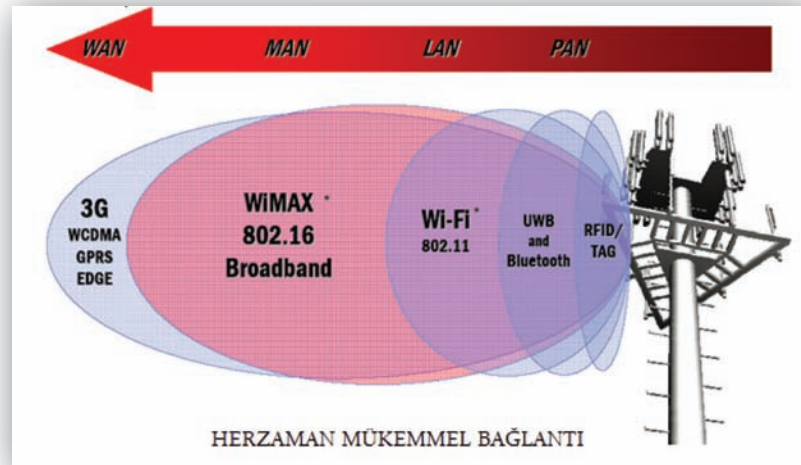
DSL (sayısal abone hattı), kablo ve Wi-Fi teknolojilerine alternatif olarak kırsal alanlarda kapsamanın oluşturulmadığı ve /veya zayıf olduğu bölgelere yüksek hızlarda telsiz haberleşme imkânı sağlanacaktır. Mevcut telsiz teknolojilerle WiMAX teknolojisinin rekabeti gerçek yüksek hızlarda haberleşme ve haberleşme menzilinün büyümesi olarak gözükmektedir.

WiMAX doğrudan görüş hattı (NLOS) içerisinde bulunmayan alıcı verici arasında büyük miktarlarda veriyi büyük mesafelere ileten telsiz geniş bantlı haberleşme standardında çalışan sistemdir. Kablo altyapısının olmadığı bütün bölgelerde çalışabilir ve uygulanabilir olmasının yanı sıra mevcut hücreli haberleşme sistemleri ve Kablosuz Ağ (Wi-Fi) sıcak noktaları ile uyumlu çalışması hedeflenmektedir.

WiMAX standartları ve özellikleri:

802.16 a- 2-11 GHz frekans aralığını kullanan, sabit bilgisayarlar arasında telsiz internet erişimini sağlayan standart olarak geliştirilmiştir. KabloNET ve DSL'in ulaşamadığı noktalar için uygulanma alanı bulmuştur. Haberleşme için alıcı verici sistemler arasında doğrudan görüş (LOS) koşullarına gerek duymaz.

WiMAX'in uyumlu çalışması hedeflenen telsiz haberleşme standartları



Şekil 2- Telsiz Haberleşme Standartları

Söz konusu standard 2.5 GHz, 3.5 GHz ve 5.8 GHz frekanslarının kullanılması ile 50km uzaklıklarda bile 70Mbps band genişliğinde internet erişimine olanak tanımaktadır.

802.16 b- Kullanılan spektrum artırılarak 5-6 GHz frekans bandına çıkarılmıştır. QoS desteği sağlanmıştır. Böylece WiMAX'in gerçek zamanlı ses ve video uygulamalarında yüksek performansla çalışması mümkün olmaktadır.

802.16 c- 10-66 GHz frekans aralığında çalışan WiMAX standardıdır.

Farklı üreticilere ait sistemlerin bir arada çalışmasına olanak tanır.

802.16 d (802.16-2004)- 2003 yılında hazırlanan bu standart 802.16 a standardının eksik özelliklerini tamamlamak üzere geliştirilmiştir. Bu standartla alıcı-verici haberleşmesi için doğrudan görüş hattının gerektiği ve gerekmediği koşullarda haberleşme mümkün olmaktadır. Standart OFDM çoğulama tekniğini kullanmaktadır.

802.16 e- Önümüzdeki birkaç yıl içinde hazır olması ve ticari olarak

Tablo 2- WiMAX standart özellikleri

Standart	802.16	802.16 a/REVd	803.16 e
Standart Yılı	Eylül 2001	802.16a Haziran 2003 802.16 REVd Eylül 2004	2005
Frekans Spektrumu	10-66 GHz	<11GHz	<6 GHz
Haberleşme Özelliği	Doğrudan görüş hattı gerektirmekte	Doğrudan görüş hattı gerektirmemekte	Doğrudan görüş hattı gerektirmemekte
Band Genişliği	28 MHz de 32-134 Mbps	20MHz de 75Mbps	5 MHz de 15 Mbps a kadar çıkabilir
Modülasyon	QPSK,16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, 64 QAM,16 QAM, QPSK, BPSK	OFDM 256, OFDMA, 64 QAM,16 QAM, QPSK, BPSK
Hareketlilik	Sabit uygulamalar	Sabit ve taşınabilir uygulamalar	Hareketli uygulamalar
Kanal Bant Genişliği	20,25 ve 28 MHz	1.25-20 MHz arasında seçilebilir band genişliği	1.25-20 MHz arasında seçilebilir band genişliği
Hücre Yarıçapı	1.6-5 km	5-8 km Kule yüksekliği, verici gücü ve anten kazancına bağlı olarak 50km ye kadar hizmet verebilir.	1.6-5 km

kullanıma sunulması planlanan bu standartla, sabit ve hareketli sistemler arasında haberleşme mümkün olacaktır. Hareketli sistemler arasında haberleşmenin sürekliliğinin sağlanabilmesi için hızlı aktarma teknikleri bu standartla sağlanmış olacaktır. Sözkonusu standartta belirlenen çalışma aralığı 2.3GHz ve 2.5GHz dir. Diğer taraftan bu standartla hareket halinde otobüs, tren vb koşullarda dizüstü bilgisayarlar ve PDA (kişisel asistanlar) ile internet erişimi hedeflenmektedir.

Yukarıda belirtilen standartlar arasından sertifikalandırılarak ticari kullanıma sunulacak olanlar IEEE 802.16d ve 802.16 e standartlarıdır. Bir başka deyişle WiMAX farklı kullanıcı taleplerini karşılayabilmek için sabit erişim ve hareketli erişim olmak üzere iki farklı standartla kullanıma sunulacaktır.

WiMAX şebekesine erişim 5 farklı şekilde mümkün olmaktadır.

- Sabit Noktadan Erişim,
- Göçebe Erişim,
- Taşınabilir Erişim,
- Yarı-Gezgin Erişim,
- Tam Gezgin Erişim

Sabit Noktadan Erişim:

Sabit noktada bulunan kullanıcı cihazı ile WiMAX şebekesi üzerinden haberleşmek mümkün olmaktadır.

Sabit noktada yer alan cihaz en güçlü sinyali aldığı WiMAX baz istasyonunu seçerek haberleşecektir. Kullanıcının sinyal seviyesindeki azalma sonucu haberleşmenin kesilmesini önlemek için kullanıcı şebeke tarafından bir başka baz istasyonu/sektör üzerinden haberleştirilecektir.

Göçebe Erişim:

Kullanıcının hareket halinde şebeke ile bağlantısını koparmadan haberleşmesinin mümkün olduğu erişim türüdür. Kullanıcı baz istasyonu/sektör değiştirdiğinde yeni bir oturum (session) otomatik olarak açılacaktır.

Taşınabilir Erişim:

Kullanıcının cihazı ile birlikte sınırlı kapsama alanı içinde yaya hızıyla hareket ederek WiMAX şebekesi üzerinden haberleşmesinin sağlandığı erişim şeklidir. Bu erişim türünde hareket halinde hücre/sektör değişiminde aktarma gerçekleşir.

Yarı-Gezgin Erişim:

Kullanıcının kapsama alanı içinde hareketi sırasında gerçek zamanlı olmayan uygulamalar için aktarmanın gerçekleştiği erişim şeklidir. Tam gezgin erişim özelliği olan "yumuşak aktarma" özelliği geçerli olmadığı için gerçek zamanlı uygulamalarda istenilen performans elde edilemez.

Tam Gezgin Erişim:

Yumuşak aktarma özelliği dolayısı ile yüksek araç hızlarında bile gerçek zamanlı uygulamaların yapılabildiği erişim şeklidir.

Ticari uygulamalarda WiMAX sistemi ile beraber çatıya ya da kuleye kurulacak bir anten ile kablosuz geniş bant internet erişimini evlerimizdeki yada ofislerimizdeki sabit bilgisayarlarımızda sağlamamız mümkün olmaktadır. Bu özelliği ile günümüzde kullanımda olan T1 ve ADSL'e alternatif olacağı düşünülmektedir.

KABLOSUZ GENİŞBAND (WiBRO)

Kore Cumhuriyeti tarafından geliştirilen genişband teknolojisidir. WiBRO 2.3GHz frekansında çalışmakta olup kullanıcılarına 60km/saat araç hızlarında 512-1024 kbps lık haberleşme imkanı sunar. Diğer genişband teknolojilerinde olduğu gibi WiBRO'da onlarca km uzaklıktaki abonelerle haberleşmekte ve baz istasyonu başına 280Mbps'lık band genişliğini önermektedir. WMAX Forum, HiperMAN, WiBRO ve WiMAX teknolojilerinin dünya genelinde sistemlerin birbiriyle uyumlu halde çalışarak mikrodalga erişim sağlayabilmesi amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir.

ÜÇÜNCÜ NESİL TEKNOLOJİLER

Günümüzde internetin gelişimi ile kullanıcıların, gezgin şebekeler üzerinden veri haberleşmesine olan talepleri hızla artmaktadır. Bugün gerek mevcut gezgin şebekelere tahsis edilen spektrum, gerekse veri sıkıştırma teknikleri istenilen talebi tatmin edici şekilde karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Özellikle görüntülü haberleşmenin gelecek haberleşme sistemlerinde önemli bir trafik kaynağı haline gelmesi kaçınılmazdır. Üçüncü nesil haberleşme şebekeleri yüksek hızda çoklu ortam ve ses iletimi amacıyla ta-



Şekil 3- WiMAX Erişim Uygulamaları

sarlanmış olup ana hedefleri, yüksek kalitede ses ve görüntü ile küresel kapsamadır. Böylece kullanıcılar dünya üzerinde her yerde otomatik olarak bir telsiz sistem tarafından algılanarak kesintisiz ve kaliteli haberleşme imkânı bulabileceklerdir.

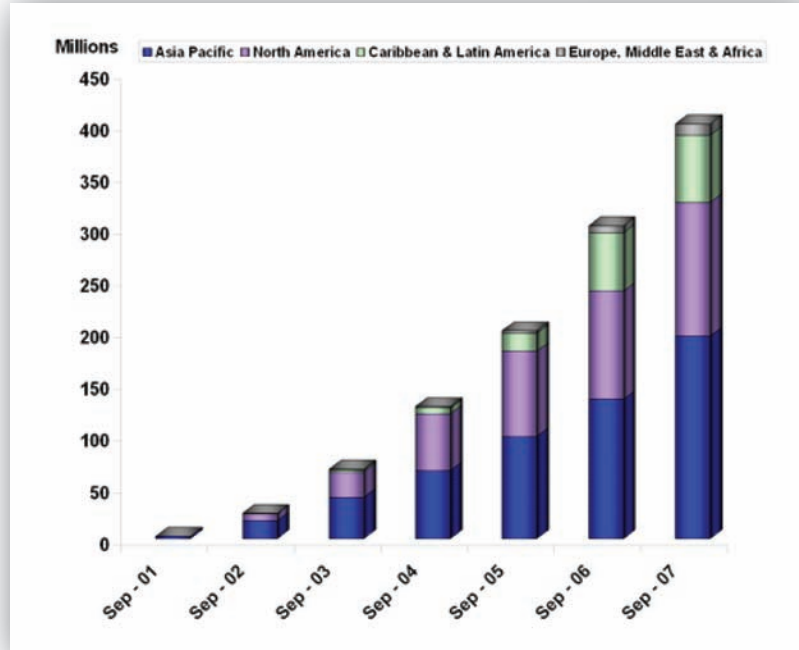
Üçüncü nesil haberleşme sistemlerinin ana hedefleri arasında:

- Mesajlaşma, internet erişimi ve yüksek hızda çoklu ortam haberleşme desteği,
- Gelişmiş hizmet kalitesi,
- Gezgin kullanıcılara, yavaş ve orta hızlı gezgin kullanıcılara, sabit kullanıcılara hizmet sunabilme,
- Konumlandırma hizmetlerinin sağlanması,
- Katma değerli ses hizmetlerinin sağlanabilmesi,
- Mevcut şebekelerle birlikte çalışabilirlik, 2G'ye dolaşım sağlayabilme,
- Mevcut şebekelere geriye doğru uyum sağlayabilme, düşük kurulum maliyeti,
- Gelişmiş güvenlik yöntemleri sayesinde mobil ticarete ortam sağlayabilme,

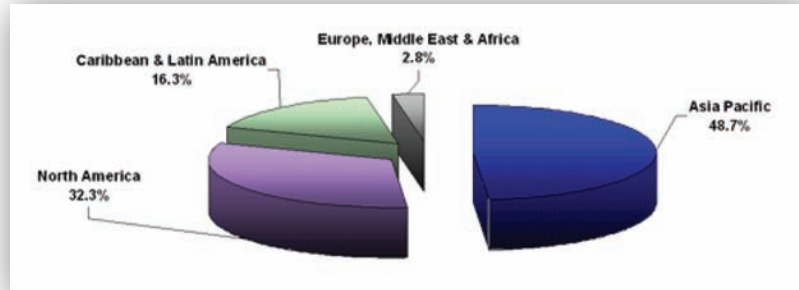
yer almaktadır.

IMT 2000 teknolojileri üçüncü nesil teknoloji ailesi olarak bilinmekte olup son kullanıcılara yüksek data hızlarında haberleşme sağlamaktadır. 3GPP tarafından IMT2000 için teklif edilen standartlardan ilki olan UTRA FDD, WCDMA ya da Doğrudan Sıralı (Direct Sequence, DS) CDMA olarak da tanımlanmaktadır. FDD kipi çalışma, aboneye doğru ve baz istasyonuna doğru olmak üzere iki ayrı frekans bandı gerektirir. Telsiz erişim tekniği 3,84 Mc/s yonga hızında ve 5 MHz bant genişliğinde veri iletimine sahip doğrudan sıralı CDMA niteliğindedir. Modülasyon tekniği, iki kanallı Faz Kaydırmalı (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)'dir.

Üçüncü nesil teknolojilerinden ilki olan Evrensel Gezgin Haberleşme Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS), 3. Nesil



Şekil 4-3. nesil CDMA2000 teknolojisini kullanan abone sayısı (Ekim 2001-Ekim 2007)



Şekil 5-3. nesil CDMA2000 teknolojisini kullanan aboneelerin kıtalara göre dağılımı

Gezgin Haberleşme Sistemi'ne verilen genel bir isimdir. Gezgin iletişim altyapısı olarak Gezgin Haberleşme İçin Evrensel Sistemi (Global System for Mobile Communications, GSM) kullanan ülke ve işletmecilerin 3. nesil hizmetlerini sunmak için tercih ettikleri teknoloji (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA) Geniş band Kod Bölmeli Çoklu Erişim dir. CDMA ailesindeki teknolojiler, CDMA2000 ve CDMA1xEV-DO haberleşmesini kapsar.

WCDMA sistemleri, 1900-1980MHz, 2100-2025MHz, 2110-2170 MHz çalışma frekanslarında 5MHz taşıyıcı band

genişliği ile ikinci nesil gezgin sistemlere göre daha büyük kapasite ve daha büyük haberleşme hızları sunar.

Üçüncü nesil sistemler için teorik haberleşme hızları, kentsel alanlarda araç içerisinde 384kbps, kırsal alanlarda ve banliyölerde 144kbps ve durağan/göçebe haberleşme koşullarında, kısa mesafeli haberleşmede 2Mbps olarak sağlanır.

4 Aralık 2007 itibarıyla, 138 ülkede 426 ticari operatör tarafından 3. nesil haberleşme hizmeti verilmektedir. Operatörlerden 188 adedi WCDMA teknolojisini kullanmaktadır.

Yüksek Hızda Paket Erişimi

3GPP tarafından teklif edilen Sürüm 5'in getirdiği özellik sayesinde, kullanıcıya doğru azami 10 Mbps seviyelerindeki hızlarda veri akışı sağlayan bir sistem olan Yüksek Hızda Aşağı Yönde Paket Erişimi (High Speed Downlink Packet Access, HSDPA) geliştirilmiştir. WCDMA standardının Aşağı Yönde veri hızları sağlayan paket esaslı veri servisi özelliğidir. HSDPA'da yüksek dereceli bir modülasyon tekniği olan Dördümlü Genlik Modülasyonu (Quadrature Amplitude Modulation, QAM) kullanılır.

HSDPA'nın ilk uygulamaları ticari olarak 2005 yılında maksimum 1,8 Mbps karşıdan yükleme veri hızlarıyla tanıtılmıştır. Yüksek Hızda Aşağı Yönde Paket Erişimi'nin nesiller boyunca daha yüksek hızlara doğru evrim geçirmesi beklenmektedir. HSDPA'nın maksimum karşıya yükleme hızı 384 Kbps'dir. Bazı şebekeler 2006 yılında 3,6 Mbps karşıdan yükleme veri hızlarını desteklemeye başlamıştır.

Yine 3GPP tarafından Aralık 2004'te son haline getirilerek yayımlanan Sürüm 6 ise IMS'nin ikinci fazı, çoklu ortam haberleşme, internet erişimi gibi hizmetlerin kullanımına yönelik bazı ek özellik ve geliştirmeleri içermektedir. HSDPA'nın kullanıcıdan

şebekeye doğru olarak çalışan şekli olarak tanımlanabilecek olan Yüksek Hızda Yukarı Yönde Paket Erişim (High Speed Uplink Packet Access, HSUPA) veri transfer hızı teorik olarak 5.76 Mbps dir.

Tablo 4- HSUPA'nın desteklediği değişik veri hızları

HSUPA kategorisi	Maksimum yukarı yön hızı (Mbps)
Category 1	0.73 Mbit/s
Category 2	1.46 Mbit/s
Category 3	1.46 Mbit/s
Category 4	2.93 Mbit/s
Category 5	2.00 Mbit/s
Category 6	5.76 Mbit/s
Category 7 (3GPP Rel7)	11.5 Mbit/s

Sonuç

UMTS teknolojileri kullanıcılarına geniş bir yelpazede hücresel hizmetler sunar. UMTS altyapı maliyetinin fazla olması dolayısı ile özellikle büyük şehirlerin kapsanması öncelik taşır. UMTS operatörleri aynı zamanda GSM operatörleridir. Operatörler hücresel haberleşme teknolojileri için karlı iş modelleri üzerinde çalışırlar. Yeni nesil teknolojilerin uygulanması sırasında maliyetlerin yüksek olması

dolayısı ile operatörler problemler yaşamaktadır. Yine yeni nesil teknolojilerin uygulanması sırasında donanım sağlayıcı firmalar (üretici firmalar) daha az problem yaşamak açısından haberleşme sistemlerinin birbirleriyle uyumlu çalışabilirliğini tercih etmektedir.

Kullanıcı açısından olaya bakıldığında sıradan kullanıcılar yeni teknolojileri yüksek hızlarda kullanmayı tercih etmemektedir. Diğer taraftan kullanıcılar kullandıkları teknolojinin fiyatını nasıl ölçeklendireceklerini bilmemektedir.

Bugün teknolojik gelişmeler incelendiğinde WiMAX ve WiBro teknolojileri için henüz ticari olarak son kullanıcı terminali arz edilmemiştir. Bu şartlar altında sözkonusu iki teknolojiye UMTS teknolojisinden ziyade DSL teknolojilerine rakip görülmektedir.

WLAN sistemler sadece kurulu oldukları dar alanlara hizmet verebilmektedir (birkaç yüz metre) ve bu özellikleriyle 3G sistemlere göre daha dar kapsama alanlıdır. Diğer yandan WLAN kullanıcılarına daha ucuz bağlantı imkanı vermektedir. Hatta WLAN sistemi kurulu olan kurumların veya şirketlerin elemanları WLAN servisinden ücretsiz faydalanabilmektedirler. Bu koşullarda da WLAN teknolojisi UMTS teknolojisini bütünler özellik göstermektedir.

Referanslar

[1] Cisco WLAN course, 2004 (1). 20.02.2005 Ankara

[2] Walke, B. 2003 (1). Mobile radio networks. Wiley, pp 327-339

[3] Batil, B. [et al.] 2003 (1). IP in Wireless Networks. Prentice Hall, pp 216.

[4] WiMAX Forum, 2004 (2). Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access based on WiMAX Technology and the 802.16 Standard.

Available at: http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAX-The_Business_Case-Rev3.pdf , . (Referenced 20.03.2005)

[5] <http://www.3gtoday.com/wps/portal/operators> ◀

Tablo 3- HSDPA'nın desteklediği değişik veri hızları

Kategori	HS-DSCH kodlarının maksimum sayısı	Modülasyon	Max. Veri hızı [Mbps]
1	5	QPSK and 16-QAM	1.2
2	5	QPSK and 16-QAM	1.2
3	5	QPSK and 16-QAM	1.8
4	5	QPSK and 16-QAM	1.8
5	5	QPSK and 16-QAM	3.6
6	5	QPSK and 16-QAM	3.6
7	10	QPSK and 16-QAM	7.3
8	10	QPSK and 16-QAM	7.3
9	15	QPSK and 16-QAM	10.2
10	15	QPSK and 16-QAM	14.4
11	5	QPSK only	0.9
12	5	QPSK only	1.8