

Yeni Nesil Mobil Genişbant Teknolojileri ve Türkiye

Kübra Çalış¹, Suat Özdemir²

¹ Gazi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara,
² Gazi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara
kubra.calis@tubitak.gov.tr, suatozdemir@gazi.edu.tr

Özet: İnternet hızlı bir gelişim göstermiş, herkesin kullanımına ve bilgi paylaşımına açık olması sebebiyle küresel bir veri havuzuna dönüşmüştür. Özellikle çok fazla gayret ve zaman harcanmadan istenilen bilgiye ulaşım sağladığı için bireylerin çalışma, eğitim ve sosyal yaşantılarında büyük bir yer kaplamıştır. Kullanıcıların hayatına giren çevirmeli internet erişim ağlarından, genişbant erişim ağına geçişin arkasından "her yerde, her cihazla, kesintisiz bağlantı" sloganı ortaya çıkmıştır. Bu sloganın getirisi olarak kullanıcıların mekandan bağımsız bir şekilde iletişim hizmeti alması için mobil genişbant kavramı doğmuştur. 3.Nesil Mobil Standardı olan UMTS ile kaliteli ve hızlı internet-veri paylaşımı kullanıcıların hayatına girmiştir. Bundan kısa bir süre sonra da 4. Nesil Teknolojisi olan LTE tanımları yapılmıştır. Bu çalışmada öncelikli olarak mobil genişbant teknolojilerinin gelişimi kapsamlı bir şekilde ortaya konmuştur. Ayrıca 3G-UMTS ve 4G-LTE mobil genişbant yaklaşımları ele alınmış ve mobil genişbant alanında Türkiye'deki mevcut durum gözler önüne serilmiştir.

Anahtar Kelimeler — LTE, UMTS, 3G, 4G, telekomünikasyon, mobil genişbant, Türkiye

Abstract: Internet has showed a fast growth and; due to its openness to public usage and data sharing, it has become a global data repository. As it provides access to any information without considerable effort and time; it plays a significant role in business, education and social life of individuals. After the transition from dial-up internet access networks to broadband access network, one motto "connect anytime, anywhere seamlessly" has arised. In return, in order for users to get service independent of place; "mobile broadband" concept has come up. With UMTS (the third generation mobile standard) broadband mobile data access has come into users' life. After a while, the fourth generation technology LTE was presented to improve the third generation networks. In this study, primarily, progress of mobile broadband technologies is introduced extensively. Besides, 3G-UMTS and 4G-LTE mobile broadband approaches are discussed and the current status of mobile broadband in Turkey is presented.

Keywords — LTE, UMTS, 3G, 4G, telecommunication, mobile broadband, Turkey

1. Giriş

İletişim ihtiyacı ilk insandan bu yana var olan bir gerekliliktir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin varlığı ile birlikte önce kablolu ortamlardan ses iletişimi kullanıcılara ulaştırılmıştır. Ancak mevcut iletişim şekli ile insanların "hareketlilik" yeteneğindeki artış birbiriyle bağdaşmayıp bu durumda yeni teknolojiler ortaya konmuştur. Başlarda kablolu olarak sağlanan iletişim teknikleri temelini kablosuz ortamlara kaydırmaya başlamıştır. Günümüzde mobil iletişimi kullanan kullanıcı sayısı çok yüksek seviyelere çıkıp 2011 yılı sonunda 6 milyar kullanıcıya ulaşmıştır [1]. İletişimde mobilleşme sürecinin yanı sıra insanlara büyük bir veri havuzunun kapısını aralayan internet kavramı da gelişimini sürdürmektedir. Kişiler için zaman kavramının önemi artıkça bilgiye kısa sürede erişimi sağlayan internet, kullanıcıların vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Özellikle daha hızlı ve kaliteli hizmet sağlayan genişbant teknolojilerinin sağlanmasıyla; internet bilgiye ulaşmada ve iletişim kurmada bir alternatif yol yerine zorunluluk haline gelmiştir. 3. Nesil mobil iletişim teknolojilerinin yani IMT-2000 standart ailesi ve ilgili teknolojilerin kullanımıyla mobil cihazlar üzerinden internet servislerine erişim imkanı sağlanmıştır. İki yönlü iletişim kurulması, hücresel cep telefonu ve ardından mobil cihazlar ile internete erişim imkanı telekomünikasyon sektörünün mihenk taşlarını oluşturmaktadır.

Sabit erişim - mobil erişim telekomünikasyon servislerinin ve altyapılarının birlikte çalışabilmesi için sabit-mobil yakınsaması günümüzde sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yakınsama ile birlikte kullanıcıların bilgisayar üzerinden yaptıkları sosyal, ticari ve eğitimsel aktiviteler de mekandan bağımsızlık kazanıp mobil cihazlar ile gerçekleştirilmektedir. Ancak bu durum beraberinde sabit erişim teknolojilerini destekleyen hizmet ve uygulamalarının mobil cihazlar üzerinden kullanılabilmesi için hızlı ve kaliteli internet erişim ihtiyacını doğurmuştur. Kullanıcı taleplerindeki artış, kablosuz mobil iletişim sistemi için 3. Nesilin getirdiği sınırlamalar ve daha yüksek bant genişliği gerektiren mobil teknolojilerin ortaya çıkmasının bir yansıması olarak 4. Nesil mobil genişbant iletişim teknolojisi geliştirilmeye başlanmıştır.

2011 yılsonu verilerine göre yaklaşık 1 milyon 4. Nesil mobil genişbant kullanıcısı mevcuttur, bu rakam gün geçtikçe artmakta ve yakın gelecekte internet kullanımının bilgisayarlardan mobil akıllı telefonlara kayacağı öngörülmektedir [1].

2. Mobil İletişim Süreçleri

Kablolu iletişimin getirdiği mekana bağımlılık kısıtının aşılması için ortaya çıkan ilk kablosuz sistemlerdeki en önemli problem; kapsama alanının

çok küçük olması ve her kullanıcıya özel bir frekans ayırımına neden olan sabit telefonlarda da geçerli olan analog yaklaşımının kullanılmasıdır. Bu dönem 1980'li yıllara tekabül edip kullanılan teknolojiye 1. Nesil (1G) adı verilmiştir. 1G tamamıyla ses iletim odaklı olup iletim için analog yaklaşım kullanılmaktadır. Bu teknolojinin en yaygın standartlarının başında Gelişmiş Mobil Telefon Hizmeti (Advanced Mobile Phone System-AMPS) gelmektedir [2].

Hücre tabanlı mobil iletişim teknolojilerinin kullanılmaya başlanması ve 90'lı yıllarda 1G teknolojilerden 2. Nesile (2G) geçişte ortaya konulan kaliteli ses iletiminin yanı sıra veri aktarımı, küresel mobilite, daha yüksek bant genişliği ve multimedya uygulamaları kullanıcılar için devrim niteliğinde hizmetler sağlamıştır. 2G mobil hücresel teknolojisi iletim için 1G'den farklı olarak dijital modülasyon teknikleri ile dijital iletimi kullanılmaktadır. Ayrıca spektrumların birden çok kullanıcılara bölünmesi ile kapasite artışı sağlamıştır. Mobil için Küresel Sistem (Global System for Mobile-GSM), 2G'nin en yaygın kullanılan ve abone sayısı en fazla olan standardı olmakla kalmamış kullanıcılar için mobil iletişim diyince akla gelen ilk kavram olmayı başarmıştır. 1991 yılında ortaya çıkan orijinal GSM mimarisinde 900Mhz bant üzerinde 200khz bant genişliği kullanılmaktadır ve taşıyıcı mimarisinde 8 tane timeslot bulunmaktadır. Ancak bant aralığı konusunda farklı yaklaşım benimseyen standartlar sonradan ortaya çıkmıştır [2][3]. Ayrıca GSM ile birlikte veri aktarım kavramı gelişmiştir ve o günden bu yana Kısa Mesaj Servisi (Short Message Service-SMS) yaygın olarak kullanılmaktadır. 2009 yılı verilerine göre 4 milyar mobil kullanıcı SMS servisini kullanmakta ve her bir kullanıcının aylık yolladığı ortalama mesaj sayısı 20 adettir. Bu servisin sağlanması operatörler tarafından çok küçük yatırımlar ile mümkün olmasına rağmen bu servisin operatörlere getirdiği kar miktarı ise çok yüksektir [4]. SMS servisinin bu kadar popüler olması kullanıcıların mobil cihazlar üzerinden ses iletimine alternatif iletişim yollarını kullanmaya ne kadar açık olduklarını da göstermiştir.

2G sistemleri devre anahtarlama teknolojisini kullandığı için hem devre hem de paket anahtarlama kullanan teknolojilere 2.5G adı verilmiştir. Bu ara neslin en önemli temsilcisi olan Genel Paket Radyo Servisi (General Radio Packet Service-GPRS) 2000 yılında piyasaya sunulmuştur. Paket anahtarlama kullanımı ve mobil internete geçişin başlangıcını yapan GPRS, yeni neslin sağlayacağı faydaların habercisi niteliğinde olmuştur. Mevcut sağlanan kapsama alanı daha da genişlemiş ve veri iletim hızı artmıştır. 2003 yılında ortaya çıkan Yüksek Hızlı Devre Anahtarlama Veri (High-Speed Circuit-Switched Data-HSCSD) adından da anlaşılacağı gibi devre anahtarlama kullanan ve GPRS'den daha kaliteli veri iletişimi sağlayan bir metottur.

2.75 yeni ara nesili ifade eden GSM Evrimi için Geliştirilmiş Data Hızları (Enhanced Data Rates for GSM Evolution-EDGE) teknolojisi geliştirilmiştir. GSM için Gauss Minimum Kaydırmalı Anahtarlama (GMSK) kullanılırken EDGE için kullanılan modülasyon 8-Faz Kaydırmalı Anahtarlama (8 PSK) tekniğidir. GSM sistemi üzerine herhangi bir donanımsal değişiklik gerektirmemesi sebebiyle EDGE teknolojisinin kullanımı yüksek olmuştur. EDGE, GSM gibi Zaman Bölümlü Çoklu Erişim (Time division multiple access-TDMA) çoğullama tekniğini barındırmaktadır [5].

Bu aşamaların ardından cep telefonları ile genişbantı tanıttıran 3.Nesil ve artan kullanıcı taleplerini, daha kaliteli iletişim, daha fazla genişbant isteğini karşılamak için ortaya konan 4. Nesil piyasaya sunulmuştur. Milenyum ile birlikte kullanıcıların hayatlarına giren bu teknolojiler ilerdeki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

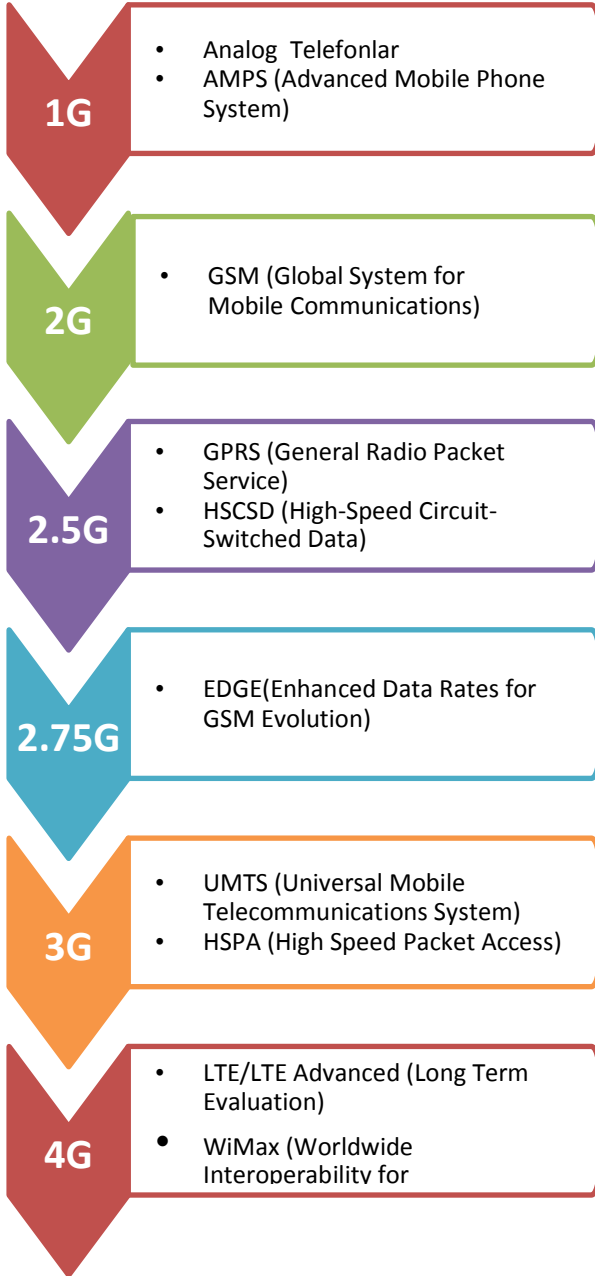
3. Üçüncü Nesil (3G)

EDGE ve GPRS gibi ara evrim adımlarından sonra 3. Nesil mobil iletişim teknolojileri ortaya çıkmış ve bu teknoloji Uluslararası Mobil Telekomünikasyon-2000 (IMTS-2000) ailesinin bir üyesi olmuştur. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union-ITU) tarafından tanımlanan IMTS2000 standart ailesi GSM EDGE, 3G, UMTS, CDMA2000, DECT ve WiMax teknolojilerini çatısı altında toplayan bir sınıftır.

Ara nesillerden farklı olarak 3G'nin yeni bir jenerasyon ilan edilmesinin nedeni farklı teknolojiler ile yeni katma değerli servisler sağlamasıdır. 3G ile yüksek veri hızı ve daha geniş bant frekansları ile erişim başlamıştır. Çoklu ortam uygulamaları, evrensel mobilite, yüksek kalite, değişken hız seçenekleri ve ses iletimi yerine veri iletimine odaklı mimari 3G'nin sağladığı avantajlardır. Tüm bu pozitif katkılarına rağmen 3G, 2G kadar büyük bir devrim etkisi yaratamamıştır. Buna sebep olarak 3G'nin beklenenden geç piyasaya sunulması, lisans hakları için operatörlerden yüksek ücret talepleri ve kullanıcılara getirdiği yeniliklerin beklenen talepleri karşılamaması gösterilebilir [6]. Bu teknolojinin amacı yüksek kalitede ses-görüntü-veri iletimi ve küresel kapsamada kesintisiz kaliteli haberleşmeyi sağlamaktır. 3. Nesil, 2.Nesil sistemlerin doğrusal bir uzantısı ve beklenen gelişim noktasıdır.

3G teknolojisi yüksek hızlı erişim ve IP tabanlı servislerin birleştirerek interneti, popüler mobil cihaz hizmetlerinden biri haline getirmiştir. Ayrıca mobil teknolojilerin devre anahtarlama yaklaşımından paket anahtarlama yaklaşımına geçmesi ile cihazlar kullanacakları bant genişliğini sadece veri alışverişini yaparken işgal etmekte ve kaynak bakımından verimli bir iletişim ortaya çıkmaktadır. 3G, bant genişliği

kullanımını verimli hale getirmekte faydalanılan modülasyon tekniklerinden farklı olarak; bant genişliğinde etkinliği sağlayan, girişimden etkilenmeyi azaltan ve gürültüden etkilenmeyi zorlaştıran spread spektrum-frekans aralığına yayma tekniklerini kullanmaya başlamıştır [7].



Şekil 1. Mobil İletişim Nesilleri

Tablo 1. Mobil İletişim Teknolojilerinin Karşılaştırması (4G Hariç) [12]

	TEKNOLOJİLER			
	GSM GPRS	WCDMA UMTS	HSPA HSDPA	HSPA+
Max indirme hızı	10-150 Kbps	384 Kbps	14 Mbps	28 Mbps
Max yükleme hızı	10-150 Kbps	128 Kbps	5.7 Mbps	11 Mbps
Gecikme süresi	600 ms	150 ms	100 ms	50 ms
3GPP Sürümler	Rel97	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7
Yayınlaşma başlama tarihleri	1991	2003/4	2005/6	2008/9
Erişim metodolojisi	TDMA FDMA	WCDMA	WCDMA	WCDMA
Bant Genişliği	200 KHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz
Modülasyon Türü	8-PSK GMSK	QPSK	QPSK 16-QAM	QPSK 16-QAM

3.1 Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi (UMTS)

UMTS, 3G alanında en yaygın geçerliliği olan, Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) tarafından düzenlenmesi yapılan ve IMTS2000 çatısından yer alan bir standarttır. Bu standardın teknik özelliklerinin belirlenmesinde Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi (3GPP) sorumludur. 3GPP'nin üzerinde çalıştığı konular: Radyo Erişim Şebekesi, Çekirdek Ağ, Terminaller, Hizmetler, Sistem Özellikleri ve GERAN'dır [8].

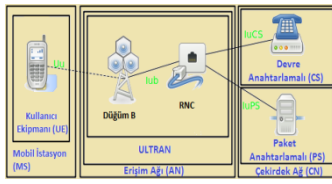
3.1.1 Mimari

UMTS mimarisinde üç ana kısım bulunmaktadır [8]:
Çekirdek Ağ (CN): Bu parçanın ana görevi oluşan trafik için yönlendirme, anahtarlama ve geçiş sağlamaktır. CN devre anahtarlama ve paket anahtarlama alan olarak ayrılmıştır. Mobil servisler Anahtarlama Merkezi (MSC), Ziyaretçi konum kaydı (VLR) ve MSC ağ geçidi devre anahtarlama ekipmanları iken Servis Sağlayıcı GPRS Destek Düzümü (SGSN) ve Ağ Geçidi GPRS Destek Düzümü (GGSN) paket anahtarlama alanına aittir. EIR, HLR, VLR, AUC gibi bazı ağ elemanları ise her iki etki alanı tarafından da paylaşılır. Asenkron Transfer Modu (ATM) çekirdek bazında iletim için tanımlanmış bir moddur. CN mimarisi yeniliklere göre değişebilen esnek bir yapıya sahiptir.

Erişim Ağı (AC):

AC, kullanıcı cihazları için erişim yöntemi sağlayan UMTS Karasal Telsiz Erişim Şebekesi (ULTRAN) ve baz istasyonlarını kapsamaktadır. ULTRAN hava arayüzü olarak WCDMA seçilmiştir. Bu arayüz yayma kodlarından türetilmiş rastgele-sözde bitler ile

kullanıcı verilerinin çarpımını yapar. UMTS'de yayma kodları kanallama işleminin yanı sıra senkronizasyon ve şifreleme için de kullanılır. WCDMA, Frekans Bölmeli Dupleks (FDD) ve Zaman Bölmeli Dupleks (TDD) çalışma şekillerinin her ikisine de sahiptir. AC'nin diğer kısmı olan baz istasyonları Düğüm-B ve Radyo Ağ Denetleyicisini (RNC) kapsar. Düğüm-B; hava arayüzü iletim / alım, modülasyon / demodülasyon, CDMA fiziksel kanal kodlama, Hata İşleme ve Kapalı devre güç kontrolü işlevlerini yerine getirmektedir. Düğüm-B için kontrol cihazlarını barındıran RNC'nin işlevleri ise radyo kaynak kontrolü, giriş denetimi, kanal tahsisi, güç kontrolü ayarları, handover (geçiş) kontrolü, kodlama, segmentasyon / yeniden birleştirme, sinyal yayını ve açık devre güç kontrolüdür.



Şekil 2. UMTS Mimarisinin Gösterimi

Mobil İstasyon:

Mobil istasyon kullanıcı ekipmanlarını içeren taraftır. Terminaller; Düğüm-B için bir hava ara yüzü sayaç parçası olarak çalışır ve çok sayıda kimlik çeşitleri vardır. UMTS kimlik türlerinin çoğu GSM'de olanlardan doğrudan alınmıştır. UMTS IC kart GSM-SIM kart ile aynı fiziksel özelliklere sahiptir. Bu kartın fonksiyonları şunlardır: Kullanıcı Hizmeti Kimlik Modülü (USIM) uygulamalarından birine destek, bir veya daha fazla kullanıcı profiline destek, şebeke üzerinden USIM özel bilgilerini güncelleme, güvenlik fonksiyonları, kullanıcı doğrulama, opsiyonel olarak ödeme metodlarını barındırma ve opsiyonel olarak güvenli olarak yeni uygulamaların indirilmesidir.

3.1.2 Avantajları ve Dezavantajları

Yüksek servis kalitesine ve genişbant erişime sahip olan UMTS ile bağlantı yönelimli veya bağlantısız hizmetler noktadan-noktaya ve noktadan-çok noktaya iletişim için sunulmaktadır. Bunun yanı sıra UMTS ağ güvenliği ve konum tabanlı hizmetlere de sahiptir. IP tabanlı olduğu için IP'nin sağladığı güvenlikten faydalanabilmektedir. Güvenlik açısından önemli bir nokta olan baz istasyonundan kullanıcıya kimlik doğrulama yapabildiği gibi tam tersi durumu da doğrulamaktadır. Güvenlik için cihaza bağlılığın olmaması önemli avantajlarından biridir. UMTS için lanse edilen veri aktarım hızları şu şekildedir [8]:

- 144 kbit/s→Uydu ve kırsal dış mekanda
- 384 kbit/s→Kentsel dış mekanda
- 2048 kbit/s→İç mekan ve düşük menzil dış mekan

UMTS için gerekli frekans aralığı Amerika başta olmak üzere bazı ülkelerde ITU'nun belirlediği spektrumdan (uplink 1920 – 1980Mhz ve downlink 2110 – 2170 Mhz) farklı olmuştur. Bu durum yüzünden cihazların ortak kullanımı için farklı donanım tasarımı gerekmektedir. UMTS'nin, 2G teknolojilerine göre daha fazla sayıda baz istasyonu gerektirmesi hem operatörler için altyapı maliyetini artıran hem de insanları radyasyon konusunda endişe duymalarına sebep olan bir dezavantajdır. Ayrıca 3G ailesinin lisanslama ücretleri operatörlerin beklediğinden çok yüksek olarak belirlenmiş olması birçok ülkede 3G teknolojisi beklenenden çok geç ve yüksek meblağlar karşılığında kullanıcılara sunulmasına neden olmuştur. Kullanıcıların karşılaştığı bir diğer ise cihazlarının enerji tüketiminin çok yüksek olup bataryalarının çabuk tükenmesidir. Tüm bu dezavantajlarının yanı sıra daha yüksek bant genişlikleri gerektiren uygulamaları varlığı ve artan kullanıcı talepleri 4.Neslin doğmasını hızlandırmıştır [8].

4. Dördüncü Nesil (4G)

4.Nesil kablosuz teknolojisi ultra yüksek bant genişliği sağlayan mobil iletişim alanının yeni ve hali hazırda son aşamasıdır. Bu neslin en önemli iki temsilcisi Mikrodalga Erişim için Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik (Worldwide Interoperability for Microwave Access-WiMax) ve Uzun Vadeli Evrim (Long Term Evaluation-LTE) adıyla bilinir. 4G'de amaç sabit veri iletim hızı olan 100Mbps'a ulaşmak, uçtan uca hizmet sunmak ve her yerde-kesintisiz haberleşmeyi sağlamaktır.

WiMax, bir IMTS2000 ailesine mensup kablosuz teknoloji standardıdır. Bu teknoloji, 3.Nesile dahil olmuş geniş alan ağları (WLAN) ile hem rekabet içinde hem de onları tamamlama özelliğine sahiptir. WiMax, WLAN' dan daha geniş bir kapsama alanına sahiptir ve bir bağlantıyı kurmak-iletişimi gerçekleştirmek için görüş alanına ihtiyaç duymaz. Hem sabit hem de mobil geniş ağ hizmetlerini desteklemesine rağmen mobil genişbant erişim piyasasındaki yeri çok daha büyüktür. WiMax ile daha yüksek hızlara erişim sağlanmasına rağmen LTE'nin operatörler tarafından WiMax'e göre daha çok benimsenmesinin nedeni LTE'nin mevcut 3G altyapısı üzerinden hizmet verebilmesidir. Mevcut UMTS ağlarına yapılacak cüzi miktarlarda yatırımları gerektiren değişimler ile LTE'ye geçiş operatörlere daha cazip gelmektedir [9].

4.1 Uzun Vadeli Evrim (LTE)

LTE ilk olarak 2004'te Japon firması olan DoCoMo firması tarafından lanse edilmiştir. Daha yüksek kullanıcı veri aktarım oranı, düşük gecikme sağlar ve IP tabanlı ağ mimarisine sahip 3. Nesil ağları tamamlar. Bunun yanı sıra daha geniş ve daha farklı

spektrumları kullanmaları için hücresel operatörlere izin verir. 3. Nesil Ortaklık Projesi (3GPP) tarafından 2009 yılında yapılan tanımla LTE son derece esnek bir radyo arayüzdür. Teknolojinin ilk sürümü, 300 Mb / s zirve hızı, 5 ms'den daha düşük radyo şebeke gecikmesi ve önceki hücresel sistemler ile karşılaştırıldığında spektrum verimliliğinde önemli bir artış sağlar. Bunun yanı sıra LTE yapılan işlemleri kolaylaştırmak ve maliyetini azaltmak amacıyla yeni bir düz radyo ağ mimarisi ile tasarlanmıştır [10].

4.1.1 Mimari

LTE uluslararası mobil telefonculuk yönünde büyük bir adım oluşturmaktadır. İlgili teknoloji Frekans Bölmeli Çift Yönlü iletişimi (FDD) ve Zaman Bölmeli Çift Yönlü iletişimi (TDD) destekler. LTE; TDSCDM, WCDMA / HSPA, CDMA 2000 gibi sistem tekniklerinden sorunsuz bir evrimi hedeflediği için mimarisinde esnekliklere sahiptir. Farklı coğrafi alanlardaki düzenleyici şartlarına bağlı olarak, mobil iletişim için radyo spektrumu; farklı boyutlarda farklı frekans bantlarında mevcuttur. LTE sadece farklı frekans bantlarında faaliyet göstermez aynı zamanda farklı boyutlarda spektrum içinde çalışabilmesi ve diğer radyo erişim teknolojilerinden LTE'ye etkili göçü sağlamak için farklı bant genişlikleri ile dağıtılabilir. LTE teknolojisi Dikey Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (OFDMA) , Tek Taşıyıcı Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (SC-FDMA) ve Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO) yapısını destekler [10].

LTE mimarisi önceki hücresel ağların aksine sadece paket anahtarlamayı desteklemek için tasarlanmıştır. LTE mimarisi iki ana unsurdan meydana gelmiştir: çekirdek ağ Evrimleşmiş Paket Çekirdek Ağı (Evolved Packet Core, EPC), erişim ağını ise Evrimleşmiş-UTRAN (E-UTRAN) temsil etmektedir. Çekirdek ağ ve erişim ağları birleşerek Evrimleşmiş Paket Sistemini (Evolved Packet System, EPC) oluşturmaktadır [11]:

Çekirdek Ağ (EPC):

Baz istasyonu ve ağlar arasındaki linkleri yönetir ve bunların oluşmasının sağlar. Ayrıca taşıyıcıların tedarikini ve kullanıcı cihazlarının kontrolünü de EPC yapmaktadır. Çekirdek ağ; Paket Veri Şebekesi Ağ Geçidi (PDN-GW), Hareketlilik Yönetim Aygıtı (MME), Servis Sağlayıcı Ağ Geçit (SG), Hareket Kontrol ve Ücretlendirme Kuralları İşlevleri (PCRF), Ana Abone Sunucusu (HSS) ekipmanlarından oluşmaktadır.

Erişim Ağı (E-UTRAN):

E-UTRAN, Evrimleşmiş Baz İstasyonu (E-NodeB) olarak adlandırılan bir düğüme sahiptir. UMTS mimarisindeki RNC; LTE mimarisinde baz istasyonuna entegre edilmiştir. E-NodeB radyo fonksiyonlarını kontrol eden, kullanıcı ekipmanı ile

çekirdek şebeke arasında iletişimini sağlayan ve mobilite yönetimini sağlayan birimdir.

Kullanıcı Ekipmanı (UE):

Kullanıcı Ekipmanı; Evrensel Abone Kimlik Modülü (U-SIM) ve Mobil Cihazdan (Mobile Equipment, ME) meydana gelmektedir. U-SIM, diğer teknolojilerdeki kimlik modüllerine benzer olarak abonenin bilgileri ile doğrulama ve şifreleme bilgilerini içeren, doğrulama algoritmasını kullanan akıllı karttır.

4.1.2 Avantajları ve Dezavantajları

LTE yüksek hızlı genişbant erişimi sağlar ve aynı frekans bandında çok sayıda kullanıcıyı destekler. LTE mimarisinin ölçeklenebilirlik yeteneği çok yüksektir. Özellikle esnek spektrum kullanımı ile farklı spesifikasyonlar için uygunluğa sahiptir. Yüksek işlem hacmine sahip olan LTE basit yapısı ile 3G teknolojilerinden 4G'ye kolay bir evrimi sağlar. Birçok gelişmiş servisi sunan LTE'de düşük bit maliyetleri ile erişim sağlar.

LTE'nin temel özellikleri şunlardır [12]:

- Max veri iletim hızları 300 Mbps üzerinde downlink ve 75 Mbps uplinktir.
- Mobilite frekans bandına bağlı olarak 300 km/s ya da 500 km/s'dir.
- Kullanıcı düzleminde gecikmesi 5ms'den küçüktür.
- Kontrol düzleminde gecikme 100ms'den küçüktür.
- 200'den fazla aktif kullanıcı başına 5MHz'lik hücreler şeklinde kapasiteye sahiptir.
- Bantgenişliği esnekliği ile 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz ve 20 MHz bantgenişliği kullanılmaktadır.

LTE teknolojisinin operatörler için baz istasyonları gibi yeni donanımlar gerektirmesi sebebiyle maliyeti operatörler için yüksektir. Bununla doğrultulu olarak kullanıcılar erişim maliyeti de yüksektir. Ayrıca kullanıcıların LTE'yi kullanmak için yeni mobil cihazlar edinmeleri gerekmektedir.

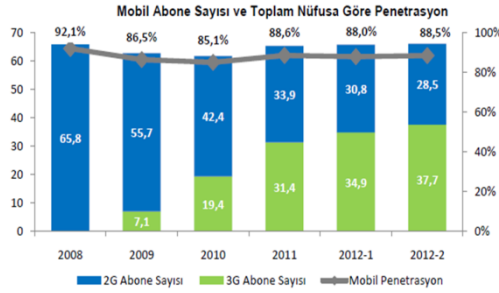
5. Türkiye'de Mobil Genişbant

Ülkemiz özellikle son yıllarda internet üzerinde meydana gelen yeniliklere daima ayak uydurmuştur. Mevcut genç nüfus oranının yüksek olması teknolojik yeniliklere daha hızlı adapte olunmasını sağlamaktadır. Mobil iletişimde müşteri sayıları ve penetrasyon oranları gün geçtikçe artmaktadır. 2012 yılı üçüncü çeyrek sonu itibarıyla yaklaşık Türkiye'de %90'lık bir penetrasyon ve 68 milyon mobil abone sayısına ulaşılmıştır [13].

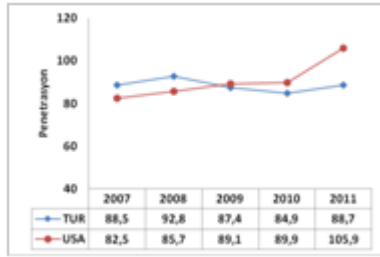
Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de 3G teknolojisi geçte olsa 2009 yılında kullanıcılarının hizmetine sunmuştur. 2011 yılı üçüncü çeyrekte 28,6 milyon olan 3G abone sayısı 2012 yılı üçüncü çeyrekte 40,3 milyona ulaşırken 3G hizmetiyle birlikte mobil bilgisayardan ve cepten internet hizmeti alan abone

sayısı da aynı dönemler arasında 5.324.701'den 11.561.579'a yükselmiştir. 2012 üçüncü çeyrekte toplam mobil internet kullanım miktarı ise 18.618 TByte olarak gerçekleşmiştir [13].

Şekil 3'te 3G teknolojisinin sadece 3 sene içerisinde %50'nin üzerinde bir yayılım oranına ulaştığı görülmektedir. Bu da erişim hızı arttıkça insanların mobil teknolojilere olan ilgisinin arttığını göstermektedir. Bu tezi destekleyen bir başka örnekte Amerika Birleşik Devletleri'nde görülen durumdur.



Şekil 3. Türkiye 3G Abone Sayısı [13]



Şekil 4. Mobil Kullanıcı Penetrasyonları (TUR&USA) [14]

Amerika Birleşik Devletleri'nde operatörler 4G teknolojisini 2010 yılı itibari ile kullanıcılarına sunmaya başlamıştır. 2010 yılında %89.9 olan mobil kullanıcı penetrasyon oranı 2011 yılından %105.9'a ulaşmıştır. Bu büyük sıçramanın sebebi olarak kullanıcıların 4G'ye olan ilgisi olarak yorumlamak mümkündür. Türkiye'nin 2010 yılı penetrasyon oranının %84.9 olup Amerika ile benzer bir oran sergilediği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de de mobil kullanıcı sayısını artırmak için en kısa sürede 4G teknolojisine geçilmesi uygun bir hareket olacaktır [14].

6. Sonuç

Teknolojik gelişmeler ve insanların ulaşım araçlarını kullanarak daha uzun mesafeler alıp birbiriyle iletişim kurma isteği beraberinde mobilite kavramını getirmiştir. Mobil iletişim teknolojileri kullanarak günümüzde ses iletişiminin yanı sıra veri, online

görüntü, internet akış iletimi sağlanmaktadır. Bugüne kadar ortaya konulan mobil teknolojileri nesiller ile ifade edilip sınıflandırılmıştır. Analog modülasyon ve sistemin kullanıldığı 1G iletişimde kapsama alanı çok düşük, her kullanıcıya belli bir frekans ayrımı ve hücrelilikten uzak bir şekilde sadece ses iletimi yapılmaktaydı. Bunun ardından gelişen 2G ve onun en önemli temsilcisi GSM ile birlikte sayısal iletişim sağlanmış ve ses iletişiminin kalitesindeki artışla beraber data transferi de mümkün kılınmıştır. Beklenenden uzun bir sürenin ardından 3G kullanıcılara lanse edilmiş ve cepten internet hizmeti-genişbant internet erişimi-çoklu ortam uygulamalarında yüksek kalite kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Bu teknolojiyi temsilen ünlenen yaklaşım UMTS olmuştur. 3G yayılımını tamamlayamadan ardından son trend 4G yetişmiş ve LTE kullanıcıların deneyimine bazı ülkelerde sokulmuştur. LTE ile sabit erişimde sağlanan hızlar-ultra mobil genişbant erişim hızlarına ulaşmak amaçlanmaktadır. 3G ve 4G karşılaştırıldığında yeni neslin daha yüksek hızlara ulaşması beklenmektedir. Ancak tam anlamıyla teorik testlerden ve sınırlı kullanıcı kısıtlarından kurtulmadan LTE'nin gerçek performansı hakkında konuşmak çok mümkün görünmemektedir. 2010 yılından itibaren 4G teknolojisine adım atmasıyla birlikte Amerika mobil kullanıcı sayısında büyük bir artış yakalamıştır. Kullanıcı profili olarak Amerika ile benzer tavır seçileyen ülkemizde de operatörlerin mobil kullanıcı penetrasyon artışına ivme kazandırmak için en kısa zamanda yeni nesil teknolojiyi kullanıcılara sunmalıdır.

7. Kaynaklar

- [1] İnternet: http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/material/pdf/2011%20Statistical%20highlights_June_2012.pdf, 2012 .
- [2] D. O'Mahony, "UMTS: the fusion of fixed and mobile networking", IEEE Internet Computing, Volume: 2, 1998.
- [3] J. Korhonen, "Introduction to 3G Mobile Communications", Artech House, Londra, 2003.
- [4] F. Hillebrand, F. Trosby, K. Holley, and I. Harris, eds., "Short Message Service (SMS): The Creation of Personal Global Text Messaging", John Wiley & Sons, 2010
- [5] J.C. Olivier, "Frequency offset estimation for GSM and EDGE.", Digital Signal Processing, Volume:17, 2007.
- [6] S. Frattasi, H. Fathi, F.H.P. Fitzek, M. Katz, R. Prasad, "Defining 4G technology from the user perspective" IEEE Network Magazine, Volume: 20(1), 2006.

[7] M. Steer, “Beyond 3G,” IEEE Microwave Magazine, Volume: 8, 2007.

[8] İnternet: <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm#a2>, 2012

[9] K. H. Teo, Z. Tao, and J. Zhang, “The mobile broadband WiMAX standard,” IEEE Signal Processing Magazine, Volume: 24, 2007.

[10] D. Astély et al., “LTE-The Evolution of Mobile Broadband”, IEEE Communications Magazine, 2009.

[11] Alcatel-Lucent, “Strategic White Paper- The LTE Network Architecture”, 2009.

[12] İnternet: <http://bytebeats.com/2011/07/14/performance-comparisson-of-gsm-umts-hspa-and-lte/>, 2012.

[13] BTK, “Üç Aylık Pazar Verileri Raporu-2012 Yılı 3. Çeyrek”, 2012.

[14] İnternet:<http://databank.worldbank.org>, 2012