Mobil İletişim Nesillerin Evrim İncelemesi: 4G'ye kadar

Vahid Faryad[1], Mir Mohammad Reza Alavi Milani[2]

[1] Karadeniz Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Trabzon

[2] Karadeniz Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Trabzon

vahid.faryad@ktu.edu.tr , milani@ktu.edu.tr

Özet: Günümüzdeki dünyada mobil iletişimin ne kadar önemli olduğu göz ardı edilemez. Ayrıca iletişim ağları abonelerinin sayısı birçok ülkede üstel olarak artmaktadır[4]. Mobil iletişim bilim ve teknolojisi hızla gelişmektedir ve uygulamaları insanların ihtiyaçlarını karşılamaya devam etmektedir.Kablosuz iletişim 1897 yılında Markoni'nin[2] kablosuz telgraf buluşu ile başladı ve şimdi yüz yıl geçtikten sonra dördüncü nesil kablosuz iletişim sistemlerine yani kişisel iletişim sistemleri(pcs)'ye[2] dönüştü. Artık mobil iletişim teknolojisi o kadar ilerledi ki bu sistemlerin aboneleri şimdilerde el kadar küçük ahize(handset) ile zaman mekan ayırt etmeksizin herkes ile ses, veri ve görüntü alışverişi yapabiliyorlar. Bu makale ile teknik olarak tarih ve mobil iletişim teknolojisine genel bir bakış yapacağız. Bu yazıda amacımız ana hatlarıyla mobil iletişim evrimini anlatmak ve her neslin teknoloji ve tesislerini, bunların oluşma nedenlerini incelemektir. Ayrıca bu makalede bütün mobil iletişim neslin'in yararları ve sorunları incelenecektir.

Anahtar Sözcükler: Mobil, İletişim , Kablosuz iletişim , Dördüncü Nesil ,Ahize .

Study of Mobile Communication Evolution and Generations: up to 4G

Abstract: Today, the importance of mobile telecommunications not wearing for anyone , and the number of mobile subscribers of telecommunication networks in worldwide has increased exponentially[4], and the science and technology of mobile communications is also growing fast , and their applications is mixed with the current needs of human communities. Wireless telecommunications was started by Marconi [2] in 1897 with the invention of wireless telegraphy. And now after more than a century, has emerged the fourth generation of wireless communications systems (PCS[1])[2] . Now the mobile telecommunications technology has advanced so that the users of such systems can be exchanged any of data type (voice, image and data) , with any one at any time and anyplace by only using a small handheld terminal (handset). In this paper, we will have technically overview, to the important history and techniques of mobile telecommunication.

Keywords: Mobile, Communication, Wireless Communication, 4G, Handset, PCS.

1 Personal Communications Systems

1. Giriş

1964 yılında MTS adında ilk cep telefonu ABD'de kullanılmaya başlandı. Bu sistemde iletişim kanallarının sayısı az ve iletişim tek yönlüydü. 1970 yıllarından önce kesintisiz mobil sistem hizmetleri üretilmesi pratik olarak tüm abonelere sunulması yönünden imkansızdı.[2] Fakat daha sonra bu olumsuzluk radyo sistemlerinin gelişmesi ile 1971'de iletişimi hücrelemek fikrinin doğmasına sebep oldu, yani şimdiki cep telefonlarına geçilmesine bir adım atıldı[2]. O yıllar sistemler analog çalışıyordu. Her abone iletişim için bir özel frekansla çalışıyordu, ama bu sistemler günden güne artan iletişim gereksinimini karşılamıyordu çünkü abone sayısı o kadar çoktu ki herkese özel bir frekans vermek imkansızdı[1].

Ta ki birinci nesil mobil iletişim sistemleri bu meseleyi çözene kadar Ayrıca hareket ederken anten çekilme problemin de çözülmesi ile önemli miktarda yol alındı ama yüksek hizmet kapasitesi sunmak ve trafik yükünü azaltmakta hala birtakım sıkıntılar var. Çünkü bu sistemler yalnızca bir frekans kullanıyorlardı, mesaj her abone için (telefon numarası) özel şifreleme gerektiriyordu. Bu işi simkart yapmaktaydı fakat birinci nesilde, dinlemeleri etkili bir şekilde şifreleyebilmek ve kanal çalınmalarını tamamen önleyebilmenin imkan yoktu! Bunun için 90lı yılların başında dijital hücre iletişim sistemleri (ikinci nesil) oluştu.

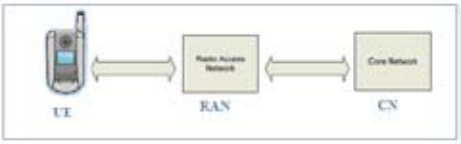
İkinci nesil, kaliteyi yükseltmek amacıyla bilgi hizmetleri (sms ve....) yanısıra uygun ses ayarlanması, kapalı yerlerde anten çekilmesi, hizmetleri ucuzlatma ve küçük boyutlarda cep telefonları yapılması, ekipman boyutlarını hafifletmek ve şifrelemekle güven artırılması için çaba sarfedildi. İkinci nesil sistemler arasında (GSM), dünyada en ünlü, bol müşterili ve geniş olanıdır. (GSM) 1982'de bu yola çıktı ve şimdi dünyanın %70'i mobil iletişim pazarını kapsamıştır[1,2]. Ozamanlar Skandinavi ülkeleri bir Avrupa ortak mobil iletişim hizmetleri olsun diye Avrupa mobil iletişim kurumuna öneride bulundular. Sonuçta 13 ülke bu kuruma üye oldu ve (GSM) standartlarıyla 1991 yılında kendi dijital sistemlerine başladılar[2] . Avrupa (GSM) frekans standartları 2bant üzerinde 900 ve 1800mhz çalışmaktadır. Sonraki mobil iletişim nesiller teknolojisi hepsi veri hız oranı ve hareketlilik gelişmesi için oluştular[3-8].

Bu makale şu şekilde organize olmuştur:İkinci kısımda mobil iletişim genel yapılarıyla anlatılacak ve üçüncü kısımda da çoklu erişim yöntemleri, mobil iletişimin çeşitli nesillerinde anlatılacaktır.

2. Mobil İletişimin Genel Yapıları

Genel olarak bir hücre iletişim sistemini aşağıdaki gibi 3 kısma ayırabiliriz [7]:

1- kullanıcı ekipmanı(UE)
2- radyo erişim ağı(RAN)
3- çekirdek ağı(CN)



Şekil-1 mobil letişimin genel yapıları

2-1-Kullanıcı Ekipmanı(UE): Genellikle bir cep telefonudur, abonelerin bilgileri ve güvenlilik anahtarları onun içinde saklıdır.

2-2-Radyo Erişim Ağı: Bu kısım iletişim sistemidir yani aslında cep telefonuyla çekirdek ağın arasında erişim için sağlanan radyo dalgalarıdır.

2-3- Çekirdek Ağı(CN): Bir iletişim sisteminin orta kısmıdır ve çeşitli hizmetler RAN ile kullanıcılara sunulmaktadır. Bu kısmın görevlerinden birkaçı şunlardır: abonelerin kredi onaylaması, kontrol ve konuşma yönlendirmesi ve numara aktarma yeteneği(NP). Konunun geri kalanında çoklu erişim yöntemleri anlatılacaktır. Yukardaki 3kısmın aralarındaki bağlantı ve ilgileri gösterilecektir.

3. Çoklu Erişim Yöntemleri:

Bu yöntemler birçok kullanıcıya aynı zamanda bant genişliğini kullanmayı sunar[2]. Veri aktarmada yüksek kaliteye ulaşmak için sistemin kusursuz çalışması gerekmektedir. Kablosuz iletişim sisteminde kullanıcıya aynı zamanda (BS) e bilgi gönderme ya da kullanıcıdan bilgi alma izni veriliyor.

3-1-mobil iletişimin birinci nesli:

İlk dünya hücre iletişim sistemi 1983 yılında ABD de AMPS ismi ile çalışmaya başladı, bu sistem analogdu ve zaman zaman dünyanın birçok yerinde kullanılmaya başlandı[1,2]. Birinci mobil iletişim nesli ortaya çıktı, bu nesilde çeşitli sistemler kullanıldı ki çoğunlukla

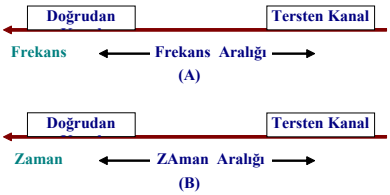
analoglardı ve hepsi hücre teknolojisi üzerinde çalışıyorlardı. En önemlilerinden bazıları:
NMT SİSTEM: ilk genel mobil iletişim sistemidir ve ticari olarak kullanılmıştır. Bu analog bir telefon sistemidir.
AMPS SİSTEMİ: hücre telefon standartı (mobile) analogtu ve Advanced Mobile Phone System (AMPS) yani gelişmiş mobil cep telefon sistemi adlandırıldı.
NAMPS SİSTEMİ: Bir türü AMPS'di ve Advanced Mobile Phone Service Narrowband (NAMPS) yani dar bant gelişmiş mobil cep telefon sistemi olarak adlandırıldı.

3-1-1-birinci nesilin sorunları: Bu sistemlerde kapasite çok düşüktü ve yalnız ses verileri için kullanılıyordu. Girişim sıkıntısı bu türün sistemlerinin en önemli sorunlarıdır ve buyüzden sistemde daha fazla istasyon kurmaya izin vermemektedir. Bu neslin sorunlarına ve çözüm yollarına bakarak başka nesil yani ikinci nesil oluştu ki bunu sonraki kısımlarda incelemeye çalışacağız.

3-1-2-birinci nesil erişim yöntemi (FDD&TDD) : İki frekans bandı her kullanıcı için verilir ve her çift yönlü (duplex) kanalı iki tek yön kanalını içerir ve çiftleyici(duplexer) adlı bir cihaz (BS)'de her kullanıcının cihazında vardır. Radyolu veri alış-verişi aynı zamanda her duplex kanalı üzerinde imkan sağlıyor. Doğru kanal ve ters kanal arasındaki mesafe ya da boşluk şimdiki kullanılan her hangi bir özel kanaldan göz ardı edilerek, sabit ve değişilmezdir. (TDD) doğru ve ters kanal oluşturmak için frekans yerine zaman kullanır, eğer iki zaman aralığı (time slot) yani doğru ve ters arasındaki zaman mesafesi az olursa kullanıcı veri alış-verişini aynı zamanda olduğunu sanacaktır. Şekil-2 FDD ve TDD tekniğini gösteriyor:

A**)** FDD iki tek yön kanalını aynı zamanda oluşturuyor.

B**)** TDD iki tek yön zaman aralığını (time slot) aynı frekansta oluşturuyor. TDD veri alışverişinin tek kanal üzerinde olmasını sağlıyor ve çiftleyici (duplexer)'den bağımsız olduğu için cihaz yapılarının basitliğine neden oluyor.



Şekil-2 FDD ve TDD erişim teknikleri[2]

3-2-ikinci mobil iletişim nesli:

İkinci nesilden olan cep telefonu ağları GSM, 1990'dan beri Avrupa'da çalışmaya başlandı, bu ağlarda temas, birkaç saniye sürerdi ve hızı hemen hemen 9.6kbps olurdu[1,2] ama GPRS'de erişim zamanı 1saniyeden bile az olmaktadır ayrıca veri aktarma hızı oranı da 170kbps civarına ulaşmıştı. EDGE olan diğer gelişmiş GPRS ağlarında da hız oranı 370kbps'ya kadar ulaşıldı. İkinci nesil hücreli ağları GSM gibi yalnızca ses aktarımı için kullanılıyordu ve zaten devre anahtarlamalı teknolojisi ile çalışıyorlardı. 2.5 nesilli GPRS gibi ikinci neslin GSM gelişmiş modelidir, ses aktarmak için devre anahtarlama ve veri alış-veriş için paketli anahtarlama teknolojisi kullanılıyor.

2G ikinci nesil dijital hücreli cep telefonu, hücreli teknolojisi içeriyor, ve onlar analog radyo frekans ile çalışıyorlar ama bu teknolojiyi analog telefonlara göre başka yöntemlerle kullanıyorlar. Veri alış-verişi için Frequency-Shift Keying) FSK) modülasyonu AMPS üzerinde kullanıyorlar.

2.5 nesilli GSM aşağıdaki konuları içeriyor:
HSCSD: High-Speed Circuit-Switched Data
GPRS: General Packet Radio Service
EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution

3-2-1-HSCSD
Bu yöntem hız artış oranı için en basit yoldur. Yani teknik içinde 1 time slot yerine kaç time slot veri aktarmak için kullanılıyor.

Time slot sayısı × bir time slot hız oranı

Veri hız oranı bir time slot için 9.6kbps dan 14.4kbps oluyor, bu yöntem hemen hemen veri hız oranı gelişmesi için ucuz yoldur çünkü sadece ağ programlar ve HSCSD telefonlar gelişmesine gerek duyar. Bu yöntemin sorunları da var ve en önemli sorun nadir radyo kaynaklarını yok etmektir çünkü HSCSD devre anahtarlama üzerinde çalışıyor yani sürekli ve daima time slotları kullanıcılara paylaşıyor hatta veri olmadığı zamanlarda bile.

3-2-2-GPRS

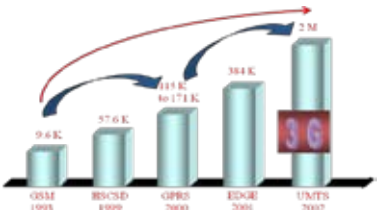
Bir başka çözüm daha GPRS teknolojisidir ve bize hata düzeltme bitlerini göze almayarak 115kbps sınırına kadar hız sunuyor. En yüksek hız oranı eğer her 8 time slot sürekli kullanılırsa elde edilir. Bu sistem aktarmak için sadece veri olduğunda radyo kaynaklarını kullanıcılara paylaştırıyor.

GPRS sistemini uygulamak HSCSD'den çok daha pahalıdır çünkü alt ağlara yeni parçalar gereklidir. GPRS uygulaması için donanım ve program (hardware ve software) değişimleri şöyledir:

- GPRS ve GPS'e erişim için çift mod terminalini kullanmak.
- Mevcut BS'in program gelişme gereği

3-2-3-EDGE

EDGE fikri yeni bir modülasyondur. 8PSK ya eight-Phase Shift Keyin sistemdir ve bu teknik ile GSM'in veri hız oranı artacaktır.



Şekil-3 ikinci nesilden UMTS'e doğru teknoloji evrimi

EDGE GSM için uygun bir gelişmedir. EDGE ve GPRS karışımı EGPRS adlandırlıyor, en yüksek veri hız oranı 8 time slot ve hata düzeltme bitlerini kullanarak 384kbps oluyor. Bu oran radyo frekans kaynaklarını bir taşıyıcı üzerinde kullanarak elde ediliyor. Şekil-3 ikinci nesilden UMTS'e doğru teknoloji evrimini gösteriyor.

3-2-4-ikinci nesilde erişim yöntemleri

3-2-4-1-TDMA ve FDMA yöntemleri

Frekans bölme çoklu erişim FDMA ve zaman bölme çoklu erişim TDMA ve kod bölme çoklu erişim CDMA kablosuz iletişim sisteminin 3 önemli bant genişliğini paylaşma yöntemleridir. Bu yöntemlerde kullanıcılara paylaşım, teknik açıdan ve çoklu erişim olarak dar bant ve geniş bant sistem kategorilerine bölünebiliyor.

3-2-4-2-Dar Bant Yöntemi

Dar bant sinyalin bant genişliği ile bir kanalın bant genişliği tutarlı bir orandan oluşur. Dar bant çoklu erişim sisteminde radyo spekturumu bir çok dar bant frekans kanalına bölünüyor. Bu kanallar FDD ile çalışıyorlar. Girişim oranı en az olması için doğru ve ters sinyallerin her kanal üzerinde, aralarına mümkün olduğu kadar büyük mesafe koyularak yapılıyor, ama bu karar çiftleyiciler ve antenler, alıcı vericiler kullanıcıların cihazında ucuz olmasını gerektiriyor. Dar bant FDMA da her kullanıcıya bir ortak olmayan özel kanal veriliyor, eğer FDD'de kullanılsa FDMA/FDD sistemi adlanır. TDMA dar bant, bir benzer ortak kanalını tüm kullanıcılar arasında paylaşıyor ve her kanal üzerinde kullanıcılara dönen bir şekilde benzersiz bir time slot tahsisi veriliyor. Bu yüzden az sayıda kullanıcı bir kanal üzerinde ayırabiliyor.

TDMA dar bant için çok sayıda kanallar FDD ve TDD yöntemlerinde tahsis edilmiştir ve her kanal TDMA yöntemi ile kullanıcılara paylaştırılıyor. Bu türün erişim sistemlerine TDMA/TDD ya da TDMA/FDD ad veriliyor.

Geniş bant sistemlerinde verilen sinyal geniş bandı bir tutarlı kanal geniş bandından çok büyüktür. Bu yüzden çok yollu solma olayı alınmış sinyalini bir geniş bantta etkilemez. Se-

çilmiş frekansın solması sadece sinyalin geniş bandının bir küçük kısmında oluşur.

Geniş bant çoklu erişim sistemlerinde kullanıcılara frekans spekturumun büyük kısmında veri göndermeye imkan sağlıyor ayrıca çok sayıda kullanıcıya veri gönderme ve almaya aynı kanalda izin veriliyor.

TDMA tekniğinde her vericiye, bir time slot, aynı kanalda tahsis ediliyor ve her bir özel zamanda sadece bir vericiye kanal tahsis ediyor, halbuki CDMA tekniğinde tüm vericilerin aynı zamanda kanala erişimine imkan vardır, CDMA ve TDMA sistemleri FDD ، multiplexing ve TDD'den yararlanıyorlar, ayrıca TDMA ve FDMA ve CDMA çoklu erişim yapılarında kablosuz erişim için kullanılan şu yapılardan ibarettir:

- Paketli radio
- Çoklu erişim ile uzay paylaşımı

3-2-4-3-FDMA

Bölme frekans çoklu erişim sistemlerinde şekil-2'de görüyoruz ki her kullanıcı için benzersiz bir frekans bandı özel olarak tahsis ediliyor. Bu kanallar kullanıcı isteğine göre servis yapılıyor ve temas boyunca başka hiçbir kullanım bu frekansı işgal edememektedir. FDMA şekil-5'de gösterilmiştir.

3-2-4-4-TDMA yöntemi

TDMA, verileri buffer-and-burst yöntem ile gönderiri buyüzden kullanıcı için göndermeler sürekli olamaz, kesik kesik olacaktır. Bu sistemde FDMA FM analogun aksine modülasyon dijital olması gerekiyor.

3-2-3-İkinci Nesilin Sorunları

- Aktarma hız oranı azdır: İkinci nesil esas olarak ses hizmetler için yapılmıştır ve aktarma hız oranı ortalamalı olarak hemen hemen 10kbps oluyor.
- Az Verim Paketli Anahtarlamalar İçin

Kablosuz internete erişim ikinci nesil ağlarında kalite bu yüzden düşüktür.

3-3-Mobil İletişimin Üçüncü Nesili

Mobil ağlarında çeşitli hizmetlerde istek artışıyla yani multimedya servisi için üçüncü nesil 3G (3 Generation) tanıtıldı. Amaç veri aktarma hızını ve kapasiteyi daha yükseltmek ve uluslar arası rumingi desteklemektir. Uluslararası iletişim sendikası ITU (International Telecommunication union) IMT-2000 dünya standardında 3G sistemlerin hızını 144kbpr~2mbps ve ötesine kadar tanıtmıştır.

Paketli ve devre anahtarlamaları destekliyor. IMT-2000 ailesi yani UMTS, CDMA-2000 esnek fiziksel katmanlar özelliğine sahipler ve artık eski GSM ve IS-95 yerine oturdular.

3-3-1-UMTS Ağ Yapılarına Bir Bakış

UMTS radyo erişim ağları iki esas istasyon düğümü (bu makalede node B adlanmıştır) ve RNC(radyo network control)'den oluşmuştur. Genelde şehir bölgelerini node B'ler 1kilometre yarıçapına kadar kapsamaya destek veriyorlar. Elbette nüfus oranı ve geniş bant gereğine göre kapsama yarıçapı değişebiliyor.

Baz istasyonların kullanıcı sayısı ve veri oranının artması için genelde kapsama bölgesini 2 ya 3 kısma bölüyorlar, her kısım kendi anten ve verici ekipmanlarına sahiptir. RNC'ler UMTS radyo erişim ağlarını kontrol ediyor ve görevleri UMTS'e bağlanan Node B'leri kontrol etmektir. Ayrıca RNC'nin görevi radyo kaynakları, hareket, esas istasyonlar arasında devir teslimi(handover) ve kullanıcıların verileri aktarma şifrelemesi yönetimidir.

UMTS'in çekirdek ağı iki kısma ayrılı: devre anahtarlama ve paketli anahtarlama. Devre anahtarlama elemanları MSC ve GMSC'den ibarettir. MSC çekirdeğin devre anahtarlama kısımıdır ve ağ yönetimi yapmaktadır. Genellikle büyük ağların ne kadar MSC'si varsa, her birinin görevi bir coğrafya bölgesinde çalışmaktır ve tüm bölgelerin RNC'leri kendi MSC'lerine ilgili bağlanıyorlar. Kullanıcıdan istek olduğu zaman RNC bu isteği MSC'ye gönderir. Sonra MSC kullanıcının temasa geçme izni olup ol-

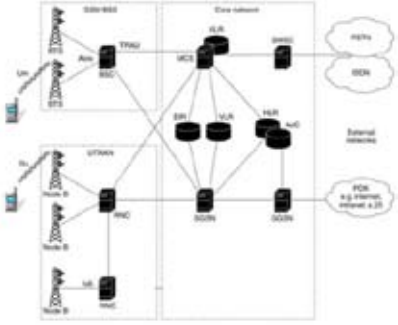
madığını inceliyor, eğer sonuç evet ise RNC'ye, 'kullanıcıya uygun radyo kaynakları tahsis verme' emrini verecektir. Aynı zamanda eğer kullanıcı temasa geçerse ve aynı MSC'ye bağlı olursa, ona temasa geçme izni verilecektir. Eğer dediğimiz gibi kullanıcı aynı ağda olursa ama başka MSC'ye bağlı olursa, başlangıç MSC'si hedef MSC'si ile bağlantı kuracaktır. Ama eğer dediğimiz kullanıcı aynı ağda olmazsa veya PSTN(sabit telefon) ağında olursa, MSC, GMSC ile bağlantı kuracaktır. GMSC kullanıcı numarasına bağlı olan bağlantıyı PSTN ile veya başka mobil ağı ile kuracaktır.

UMTS'de internet hizmetleri sunabilmek için, paketli anahtarlama elemanları ağının çekirdeğine eklenmiştir.

Bu elemanlar SGSN ve GGSN'den ibarettir. şekil-4'te RNC'ler her iki kısma yani devre ve paketli anahtarlama ağına bağlanmışlardır.

Bir UMTS cep telefonu aynı zamanda devre ve paketli bağlantı kurma özelliğine sahiptir. SGSN MSC gibi görevi, kullanıcıların hareket yönetimidir, buna göre SGSN,

kullanıcıların durumunu takip edip değiştirerek, çekirdek ağından aldığı İP paketlerinin yolunu değişmektedir. GGSN, internet paketli ağlarına bağlanma görevlisidir.



Şekil-4 UMTS Ağ Yapılarına Bir Bakış

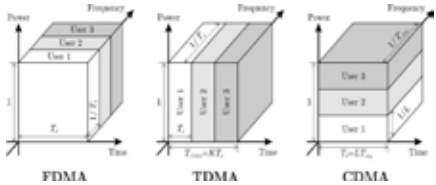
Şekil 4'te görüldüğü gibi bazı elemanlar HLR, EİR, AUC, VLR ortak olarak her iki türden anahtarlamalarda kullanılmaktadır. VLR(konak durumu kayıt edici) bir geçici veri tabanıdır ve her esas istasyonun bir VLR'ı vardır ve istasyon çevresine giren kullanıcıların bilgilerini kaydetmektedir.

HLR (ev kullanıcılar durumu kayıt edicisi) ağın asıl veri tabanıdır. tüm kullanıcıların önemli bilgileri (telefon numarası, kullanıcı İD'si, ekipman türü ve şifreleme anahtarı) HLR'de saklanmaktadır. Ayrıca kullanıcıların durum bilgileri ve yerel durumu gibi bilgiler de bu veri tabanında kayıt altına alınmaktadır ve kullanıcı durumu değişmesi ile güncellenmektedir. Genellikle GSM ağında sadece bir HLR bulunur. Doğrulama merkezi AUC, tüm gerekli bilgileri kullanıcı İD'lerini korumak için ve kullanıcı iletişim bağlantılarının dinlenmesini önlemek için tutulur. Doğrulama algoritması ve şifreleme kodları AUC'de kayıtlanıyor. (EIR) ekipman İD kayıt edicisi izinli cep telefonlar listesi, izinsiz cep telefonları, çalınan ve ya hizmet almayanları içerir. Genellikle EİR HLR'da uygulanır. MSC ve SGSN kullanıcı yönetimi için VLR HLR ile bağlantılı olmaları gerekiyor.

Şekil-4 UMTS ve ikinci nesil ile bağlantısını gösteriliyor.

3-3-3-CDMA

CDMA sisteminde, her kullanıcıya özel bir yaygın kod tahsis edilmektedir ve bilgi sinyalini kodlandırmak için kullanılmaktadır. Eğer birkaç kullanıcı, aynı anda geniş bir bandı veri göndermek için kullanıyorsalar, kullanıcılar için bir özel kod vasıtasıyla alıcı kullanıcı sinyalini ayırıp tanıyabilecektir. şekil-5 CDMA erişim yöntemini gösteriyor.



Şekil-5 CDMA erişim yöntemi

3-3-3-WCDMA
WCDMA sisteminde veri hız oranı 144kbps~384kbps'dir ve ideal şartlarda 2mbps olmaktadır. Band genişliği az olduğundan dolayı kullanıcıya genelde, kullanabileceği az geniş bant kalıyor. Bu geniş bandı, birkaç küçük geniş bant kanalı sağlıyor, ki çok sistem yararı gelişiyor.WCDMA'da QPSK modülasyonu kullanılıyor.

3-3-4-üçüncü nesil 3G uygulamaları:
- ses aktarmaları
- mesaj aktarmaları
- video konfrans ve görüntülü telefonlar
- internete erişim ve yüksek hız oranında veri aktarma
- cep telefon ile tv kanallarını seyr etmek
- kullanıcı durum uygulamaları

3-3-5- 3G nesilin sorunları:
3G dünya çapında kullanıcılara ulaştırılsa da bazı konular 3G sağlayıcıları ve kullanıcıları tarafından tartışılmaktadır:
- Bazı alanlarda 3G hizmet lisanslarının yüksek giriş ücretleri
- Ülkeler arası lisanslama maddelerindeki farklılıklar
- Bazı telekomünikasyon şirketlerinin 3G yatırımı yapmalarını zorlaştıran borç durumları
- Finansal olarak zor durumdaki operatörlere az devlet desteği verilmesi
- 3G telefon maliyetleri
- Bazı bölgelerdeki kapsama alanı darlığı
- Bazı ülkelerdeki yüksek 3G hizmet ücretleri
- Elle kullanılan bir cihazdan beklenen yüksek hızda hizmetler
- 3G telefonların pil ömürleri

3-3-6- 3.5 Nesili ya 3+
3G mobil telefon teknolojisine HSDPA ve WCDMA'nın eklenmesi ile oluşan yeni standarttır. 2G'ye sırasıyla GPRS ve EDGE eklentisine benzetilebilir. 3.G hızı 3Mbps'dir.

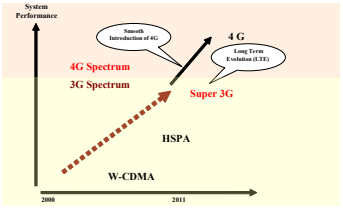
3-4- 4G dördüncü iletişim nesli
Dördüncü nesil iletişim ağları ya 4G İP teknolojisi üzerinde kurulmuştur ve erişimi bir takım radyo kaynakları ile sağlıyor.4G ağı en iyi bağlantı hizmeti,ruming ve kablosuz turu sağlıyor.ayrıca bir kaç teknoloji aracılığı HİPERLAN,WLAN,GPRS,BLUETOOTH gibiler ile bir tek ağa dönüştürüp ve kullanıcıyı bağlıyor.arıca 4G kullanıcılar arasında dünyanın her bir yerinde bağlantıyı sağlıyor ve her istediğimiz zaman her istediğimiz ağ ve hizmete destek veriyor.

Yazılım Radyo (SDR)_**Software Defined Radio**, bu yönde kullanabilecek araçtır. SDR radiyoları , , Hücresel telefon , PDA , PC ve tüm diğer cihazların aralığını , iletişimin en iyi mümkün yöntemi ve en iyi fiyatı elde etmek için imkan sağlar. Radiyo sinyaliletim üretimi ve radiyo sinyal ayarlama vb gibi önceden donanımsal yapılan fonksiyonlar , SDR ortamında yazılım olarak yapılmaktadır. Dolayısıyla Radyo programlanabilir ve geniş bir frekans aralığında sinyalleri gönderebiliyor. 4G'nin özelliklerinden bazı aşağıda verilmiştir:
- Yüksek hız: 4G sistemleri sakın durumda zirve hızı 100 Mbps ve hareket durumunda ortalama hızı 20 Mbps olmalıdır.
- Ağın yüksek kapasitesi :ağın kapasitesi 3G sistemlerden en az 10 kat daha artık olmalıdır. Bu kapasite , bir 10 MB dosyayı 1 saniyede indirir , aynı durumda 3G sistemlerinde bu işlem 200 saniyede yapılmasi beklenir. Ayrıca, bu yetenek , telefonlara yüksek kaliteli video ve telefonların ekran sayfalarında sanal gerçekliği sunur.
- Çeşitli ağlar arasında hızlı ve kablosuz turu kablosuz 4G ağları , mobil ağları ve kablosuz ağlar arasında genel yer değişimini desteklemelidir.
- Yeni nesil multimedyalar desteği: 4G ağları yüksek hız ve düşük maliyeli çok hacimli veri transferini desteklemelidir. 4G'nin amacı mobil ağlar arasındaki çoğulluk ve bolluğu , bir video , veri ve sesi desteklnen , IP'ye dayalı uluslar arası merkezi ağ ile değiştirmektir. Böylece video , görüntü ve ses hizmetleri entegre olarak tüm IP dayalı hostlara (ev sahibi) sağlayacak.

Genel olarak amaç, mobil internet ağları çeşitli ve optimum kriterlerle , bilgisayar internet ağların performansına yakınlaşsın .

Mobil iletişimlerin evrimi , 4G nesiline kadar şekil 6'da gisterilmiştir. Mobil iletişimler özellikle Mobil internet ağların avantajları belli,ancak bu ağların genel sınırlarından ikisi aşağıda gelmiş :

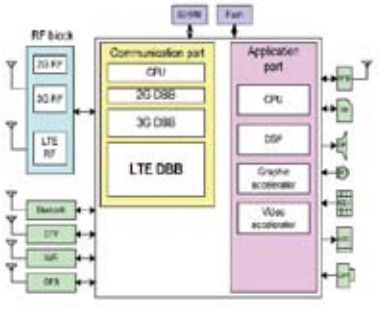
1. Karasal internet ağlarının arayüzü kablo , fiber vb ise , bunlarda havadır.
2. Telefon cihazların performancı ve kapasitesi , bilgisayarlara göre daha azdır.



Şekil 6 – mobil iletişim evrimi (4. nesile kadar)

3.4.1. LTE Telefonu

LTE'nin gelişmesinde ilk aşamalarında , kapsayan bölgeleri sınırlı olacak. Dolayısıyla , LTE telefonları birkaç modda çalışma yetenekleri olmalıdır, ve böylece GSM,3G ve Wi-Fi gibi sistemler arasında geçiş yapılabilir[5]. Şekil 7 bir LTE telefonun blok şemasını gösterir. Telefon cıhazlar yeteneği artma önemli , ancak Düşük ağırlık, küçük boyutlu ve yüksek pil ömrü gibi başka kriterleri unutmamalıdır.[4]



Şekil 7 – LTE telefonun blok şeması

Şekil7'ye göre LTE telefonun ana kısmı, Telekomünikasyon ve Fonksiyonel olarak iki parçadan oluşur. Fonksiyonel kısmın hızı 1 GHz'den fazladır ve bu güncel dizüstü bilgisayarlar ile karşılaştırılabilir. Ayrıca, güç tüketimini azaltma, cep telefon endüstrisinde önemli konulardan biridir. LTE telefonlarda güç tüketimi miktari, şimdiki telefonlar düzeyinde olmalı.

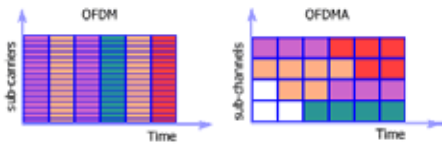
3.4.2. LTE Erişim Ağı

LTE'nin genel yapısı UMTS'e göre daha basit ve daha düzgündür. LTE erişim ağında eNodeB adlı, sadece bir tane düğüm vardır. Yani UMTS'de baz istasiyonlarını kontrol eden RNC düğümü, bu yapıdan kaldırılmıştır, ve görevinin bir parçası eNodeB üzerine koyulmuştur, dolayısıyla gecikme azalır ve ağ performansı artar. Çünkü devir teslim işlemi, doğrudan eNodeB üzerinden yönetilir ve yapılır. Ayrıca, RNC üzerinde yapılan birçok UMTS protokolleri, LTE'de eNodeB'ye transfer olmuştur.

LTE erişim ağında, Down Link yolu (eNodeB'den cep telefona doğru) için OFDMA çoklu erişim şeması ve Up Link yolu (Cep telefondan eNodeB'ye doğru) için SC-FDMA şeması kullanılır. OFDMA aslında OFDM'in çok kullanıcılı durumudur. OFDM'de kanalın tüm bant genişliği alt taşıyıcı adlı küçük birimlere bölünür. Verileri göndermek için, ilk olarak, ana veri serisi paralel düşük oranı birkaç diziye bölünür, sonra her biri bir alt kanal aracılığı ile gönderilir. Bu yöntemi kullanarak, kanalın Solma [1] gibi kötü durumlarının üstesinden gelebiliriz. OFDM yönteminde her hangi biranda, kanalın bant genişliğinin tümü bir kullanıcı için atanır ve diğer kullanıcılar bu durumda, veri gönderemezler. Bu çok gecikmelere neden olur. Ama OFDMA'da durum farklıdır, OFDMA'da her kullanıcı için her an bir alt taşıyıcı kümesi atanır (buna alt kanal denir). Böylece tüm kullanıcılara her an düşük oranda da olsa veri gönderme imkanı sağlanır. Gecikme miktarının sabit veya düşük olması, girişim ve solma karşısında daha fazla dirençli olmak, OFDMA'nin OFDM'e göre avantajlarındandır.

1 Fading

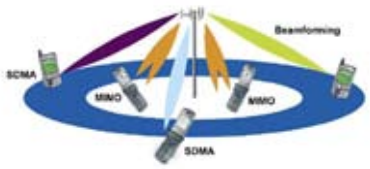
Şekil 8'de, OFDM ve OFDMA de kullanıcılar arasında kanal bant genişliğinin nasıl sağlandığı gösterilmektedir.



Şekil 8 - OFDM ve OFDMA de kullanıcılar arasında kanalın bant genişliğinin tahsisi

3.4.2.1. Kullanıcılar arasında bant genişliğinin nasıl tahsis etmesi

Down Link yolunda kanalın bant genişliliği, 15 KHz'li küçük alt taşıyıcıya, parçalanır, bu parçalar en fazla 1200 sayıda alt taşıyıcı olabilir. Bu alt taşıyıcıların sayısı kullanılan bant gelişliğine bağlıdır. LTE'de bant gelişliği 1.25 MHz-20 MHz arasında değişebilir. Ayrıca, eNodeB'ler kullanıcı ekipmanları göndermek için MIMO, SDMA ve Beamforming gibi antenin gelişmiş tekniklerini kullanırlar. Baz istasyonları, MIMO tekniğinden yararlanarak, veri göndermek için maximum 4 anten kullanabilerler. Ek antenler ve sinyal işleme tekniklerinin kullanılmasıyla, gönderme gücü ve ek bant genişliği kullanmadan, sistem kapasitesi ve kullanıcı veri oranları arttırılabilir. Kullanıcıların sınırlı gönderme güç ve bant genişliği tüketimine sahip olmasına göre , bu durum operatörlere çok cazip gelebilir. SDMA tekniği, birden fazla kullanıcıya aynı anda bir OFDM alt kanalından gönderme ve alma imkanı sunar. Down Link yollarda, eğer iki kullanıcının mesafesi yeteri kadar olmazsa, eNodeB, bir OFDM alt kanalından iki kullanıcı için aynı zamanda göndermede imkanı sağlar. Up Link yollarda ise, bir hücrede olan iki kullanıcı, eNodeB'ye veri göndermeyi bir kanalda eşzamanlı olarak kullanabilir. Up Link ve Down Linkte eşzamanlı veri göndermek, hücre kapasitesini geliştirmeye neden olur. Tabii ki LTE'de aynı anda MIMO ve Sdma teknikleri bir kullanıcıya sağlanamaz, bu nedenle hücre kapasitesi ile kullanıcı veri oranı arasında denge kurulmalıdır. Baz istasyonunda, kullanıcı veri oranın yükseltme için uygulanabilen başka bir teknik de, Işın şekillendirme tekniğidir. Bu yöntemde, verici sinyalleri çeşitli yönlere göndermek yerine, alıcını yönünü belirtir ve sinyali sadece o yönde gönderir. Dolayısıyla alıcı güçlü bir sinyal alır. Bu yöntem hücrenin kenar bölgelerinde bulunup hafif sinyalleri olan kullanıcılar için çok yararlı olacaktır. Şekil 9'da eNodeB'de kullanılan çeşitli teknikleri gösterilmiştir.



Şekil 9- eNodeB'de kullanılan çeşitli teknikler

3.4.2.2. LTE baz istasyonlarında kullanılan gelişmiş anten teknikleri

Görüldüğü gibi LTE'nin erişim ağlarında Merkezi Kontrol Ünitesi yoktur, dolayısıyla eNodeB yönetim ve hizmet kalitesini sağlama sorumlusu olmuştur. Ayrıca, Devir Teslim[2] işlemi de eNodeB'de yapılır. Buna göre, eNodeB'ler, doğrudan birbirine bağlılar. Genel olarak eNodeB'nin görevleri aşağıdaki gibidir :

1. Radyo kaynak yönetimi, yani her kullanıcı için uygun frekans bantlarının belirlenmesi.
2. Kabul kontrolü, yani yeni kullanıcı için hizmeti sağlayabilmeni kontrolü ve izninverilmesi.
3. Kullanıcılar ve yönlendirme hakkında bilgilerin şifreleme / şifre çözmesi.
4. Uplink ve Downlink ile ilgili Sıkıştırma ve sıkıştırılmış veri alımı.

3.4.3. LTE'nin çekirdek ağı (EPC)

Mevcut ağlar ile LTE çekirdek ağları (EPC) arasındaki temel fark, EPC sadece paket anahtarlamayı destekler, böylece tüm hizmetleri iletişim paketi esasında sunulacaktır. Örneğin VoIP olarak ses hizmeti. Bunlar hizmetlerin birleşmesine neden olur. Şekil 6 da LTE'nin çekirdek ağının bileşenleri gösterilmiştir. Gelecekte, çekirdek ağının tüm parçaları ileri derecede incelenecektir.

2 Handover

3.4.3.1. SGW

MME ile birlikte bu bölümde, UMTS'nin SGSN'i gibi görevi vardır. SGW'unun görevlerinden bazıları bunlardır:

1. Yönlendirme ve bilgi paketleri gönderme
2. Kullanıcı özgür durumda olduğunda Down Link iletişim yolunu kapatma (kullanıcının bilgi alışverişi olmadığı bir durum), ve kullanıcıya bilgi aldığında, hizmet isteme süreci başlatma
3. Kullanıcı genel durumunun yönetilmes ve kaydedilmesi
4. Yasal durumlarda üyelerin dinlenmeleri ve izlenmeleri

3.4.3.2. MME

MME, ITE erişim ağının düğüm kontrolörüdür. Bu düğüm bir sinyalizasyon birimidir, ve dolayısıyla kullanıcıların IP paketleri ona giremez. Ayrı bir sinyalizasyon biriminin olması avantajıyla, operatörlerin Sinyal kapasitesini bağımsız artırabilmektedir. MME'nin görevlerinden bazıları şunlardır:

1. Kullanıcının özgür durumda telefon pozisyonun takibi (veri alışverişi olmadığı durum)
2. Her UE için SGW seçimi
3. HSS'le etkileşim ile kullanıcıların onayı
4. UE ler için geçici kimlik üretim ve tahsisi
5. Diğer şebekeler ile dolaşım etmesi

3.4.3.3. PDN GW

PDN GW, UE ile internet gibi dış veri paket ağlarında(PDN) iletişim kurar. Paketler filtreleme uygulaması ya da onların kaydolması, ve IP adres dağıtımı bu parçanın görevlerinden sayılır. LTE çekirdek ağlarının uygulanması için, PDN GW ve SGW gibi iki birim olarak bir fiziksel düğümde uygulanmasıyla mümkün olabilir. Başka bir seçenek SGW ve MME bir fiziksel düğümdür.



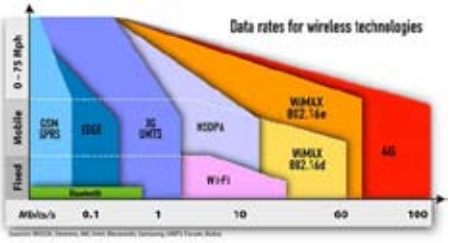
Şekil 10 – LTE'nin genel yapısı
ve G2G/3 ile iletişimi

Şekil 10'a göre, belirtilen durumlara ek olarak, LTE inin çekirdek ağı, örneğin HSS ve PCRF gibi başka nesneleri de içerir. HSS, müşterilerin bulunduğu konum ve IP bilgilerinden oluşan, büyük bir veri tabanıdır. Ayrıca HSS, GSM'deki HLR ve AuC gibi çalışır. PRcF ise, politikaların ve ücret hesaplama kuralları hazırlanmasından sorumludur.

Şekil 10'da ayrıca, LTE ile G2G/3 ağların iletişimi gösterilmektedir. SGSN, SGW ve MME'ye bağlanmıştır. SGSN açısından, SGW, UMTS'teki GGSN gibi çalışır.

4. Sonuç

Günümüzde kablosuz iletişimler, genelde ses üzerinde yapılmıştır. Araştırmalara göre ses trafiğinin talebini , kablosuz dünyasının trafik büyümesi kıyaslayarak , katlanarak artmaktadır. IP'nin çekirdek katmanı basit olarak ayarlanabilme nedeni ile, diğer ağlar karşısında meydan okumayabilir . Asıl amaç ses, veri ve Multimedya ağların birleşmesidir. Ayrıca, maksimum veri hızı ile maksimum hareketlilik bir arada olması , dördüncü nesil teknolojisi ve ötesinin amacıdır. Şekil 11 , çeşitli teknolojilerin veri hızı ve hareketliliği gösterilmiştir.



Şekil 11- Kablosuz teknolojilerin
veri hızı ve hareketliliği

Şekil 11'e göre, Wi-Fi teknolojisinin (802.11 protokolla) hareketlilik değeri sabit olarak gösterilyor. Ayrıca, bu şekile göre, maksimum hareketlilik ve maksimum veri hızı, maksimum 100 Mbps ile 4G teknolojisine aittir ve minimum veri hızı, maksimum 0.1 Mbps'den bile az bir hızla GSM teknolojisinin hızıdır. Tabiki,

ses kalitesi ve hareketlilik, Mobil Telekomünikasyonun asıl amacıdır , ve internet servisleri ve Multimedyaya feda edilmemelidir.

5. Kaynaklar

[1] Honkasalo, H. ; Pehkonen, K. ; Niemi, M.T.; Leino, A.T. NOKIA :WCDMA and WLAN for 3G and beyond, Wireless Communications, IEEE, April 2002

[2] Introduction to 3G mobile communications / Juha Korhonen.—2nd ed. p. cm. —

(Artech House mobile communications series) Includes bibliographical references and index. ISBN 1-58053-507-0

[3] Martin Sauter, Beyond 3G – Bringing Networks, Terminals and the Web Together: LTE, WiMAX, IMS, 4G Devices and the Mobile Web 2.0. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 2009.

[4] Evolved Packet System (EPS): An Overview of 3GPP's Network Evolution, Qualcomm, Incorporated, December* 2007.

[5] 3GPP Long-Term Evolution (LTE), Qualcomm, Incorporated, December 2007.

[6] Pierre Lescuyer , Thierry Lucidarme, EVOLVED PACKET SYSTEM (EPS): THE LTE AND SAE EVOLUTION OF 3G UMTS. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 2008.

[7] Seiji Maruyama, Shinsuke Ogawa, Koji Chiba, Mobile Terminals toward LTE and Requirements on Device Technologies, Symposium on V/LSI Circuits Digest of Technical Papers, 2007.

[8] Long Term Evolution (LTE): A Technical Overview, TECHNICAL WHITE PAPER, Motorola, Inc., 2007.