

**BSM 422**

# **KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI**

**Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ**



BSM 422  
KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

KABLOSUZ GENİŞ ALAN AĞLARI



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

(Wireless Wide Area Networks, WWAN)

- ❑ Bir ülke ya da dünya çapında yüzlerce veya binlerce kilometre mesafeler arasında iletişimi sağlayan ağlara Geniş Alan Ağları (Wide Area Networks, WAN) denilmektedir. İnternet bunun klasik bir örneğidir. WAN'larda genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır.
- ❑ WAN'larda kablo yerine uydu veya telsiz iletişimi kullanılması durumunda Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks, WWAN) olarak isimlendirilmektedir.
- ❑ Uzak yerleşim birimleriyle iletişimin kurulduğu bu ağlarda çok sayıda bilgisayar çalışabilir.
- ❑ WWAN uygulamalarına örnek olarak
  - ❑ GSM, GPRS, CDMA ve 3G, 4G, LTE, LTE-Advanced, 4.5G
- ❑ WWAN'larda trafik yükünün büyük kısmı ses iletişimi ile ilgilidir. Ancak son yıllarda yoğun olarak veri iletişimi ve internet erişimi talepleri yaşanmaktadır.



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil telefon teknolojileri

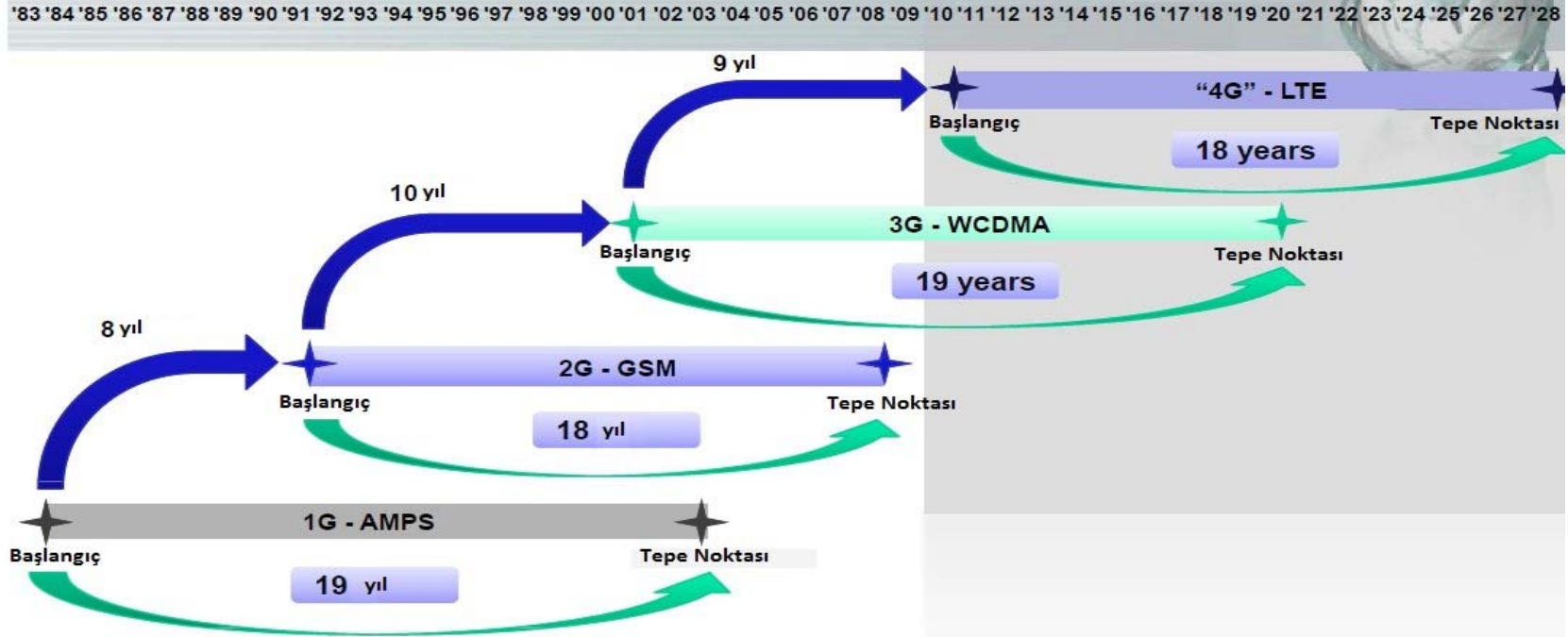
- ☐ Mobil telefon teknolojileri nesillere ayrılmıştır.
  - ☐ 1. nesil teknolojiler (1G)
  - ☐ 2. nesil teknolojiler (2G)
  - ☐ 2.5 ve 2.75 nesil teknolojiler (2.5G – 2.75G)
  - ☐ 3. nesil teknolojiler (3G)
  - ☐ 4. nesil teknolojiler (4G)
  - ☐ 4.5 nesil teknolojiler (4.5G)
  - ☐ 5. nesil teknolojiler (5G)



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil telefon teknolojileri

### Mobil Teknolojilerde Kullanım ve Yeni Teknoloji Oluşum Trendleri



8-10 yıl arasında mobil teknolojilerde yeni jenerasyona geçilir.  
18-20 yıl arasında mobil teknolojilerin kullanımı son bulur.

# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 1. nesil teknolojiler (1G)

- ❑ 1980'li yıllarda ortaya çıkan bu teknoloji, **hücresele bir ağ sistemi** kullanır.
- ❑ 1G teknolojisinde **analog veri bağlantısı** kullanılmıştır.
- ❑ 1G teknolojisi güvenlik çözümleri içermediğinden telefon görüşmeleri çok kolay dinlenebilmekteydi.
- ❑ Çevresel etmenlere karşı direnç gösteremediği için çok çabuk bağlantı kopabiliyordu.
- ❑ Analog veri akışı teknolojisini kullandığı için girişime dayanıklı değildi.
- ❑ 1G teknoloji **veri aktarımına** olanak sağlamıyordu.
- ❑ Bu sorunlara rağmen **geniş kapsama alanı**, **yeterli iletişim kapasitesi**, **dolaşım (roaming)** ve **hücreler arası geçiş desteğiyle (handoff)** 1980'li yıllarda gayet kullanışlı bir iletişim sistemi olmuştur.
- ❑ Hücreler arası geçiş, geniş kapsama alanı, yüksek kapasite ve yük dağıtım olanağı sunardı.



1G



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 2. nesil teknolojiler (2G)

- ❑ 2G ikinci nesil kablosuz telefon teknolojisidir.
- ❑ Aynı 1G gibi, **hücresel bir ağ sistemi** kullanır.
- ❑ 2G'nin 1G'ye göre getirmiş olduğu en büyük yenilik, analog veri yerine **sayısal veri** kullanılmaya başlanmış olmasıdır.
- ❑ Sayısal teknolojinin sunduğu avantajlar:
  - ❑ Daha yüksek ses kalitesi,
  - ❑ Daha büyük kapasite,
  - ❑ Sesi ve verileri şifreleme imkânı,
  - ❑ Kısa veri iletimi (*kısa ileti, hücre bilgisi, maç sonucu vb.*)



2G

# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 2G'nin Dezavantajları

- ❑ 2G standardı geliştirildiği zaman çok bant genişliği ve az istemci vardı, dolayısıyla hat kullanılmazken bile hattı meşgul eden bir teknoloji tasarlanmıştı.
- ❑ İlk zamanlarda büyük bir sorun oluşturmayan bu durum kullanıcı sayılarının ve veri haberleşme ihtiyaçlarının da artmasıyla sorun olmaya başladı. Operatörler için “**şebeke meşgul**” iletisinin önüne geçmek git gide zorlaşmaya başlamıştı.
- ❑ Verilerin yollanmadığı zaman hattın kullanılmadığı, aynı Ethernet teknolojisinde olduğu gibi iki cihazın aynı anda veri yollayınca bunu fark edebildiği bir teknoloji ihtiyacı ortaya çıkmıştı.
- ❑ Bu soruna çözüm 3G teknolojisi ile gelmiştir.





# Küresel Mobil İletişim Sistemi

## GSM (Global System for Mobile Communications)

- ❑ GSM, bir cep telefonu iletişim protokolüdür.
- ❑ GSM, **sayısal (digital) ses ve veri hizmeti** sağlayan devre anahtarlama bir haberleşme sistemidir.
- ❑ En yaygın cep telefonu standardı olarak 212 ülkede 3 milyardan fazla insan tarafından kullanılmaktadır.
- ❑ Öne çıkan özellikleri:
  - ❑ Kullanıcıların aynı hat ile farklı ülkelere görüşme (**roaming**) yapabilmeleri,
  - ❑ GSM standartları, hücresel ağ yapısını kullanmakta ve dolaşım sırasında hücreler arası geçiş yapabilme (**handoff**) kabiliyetine sahiptir.



**Bilgi :** GSM, ikinci nesil (2G) sayısal hücreli haberleşme sistemidir.



## Küresel Mobil İletişim Sistemi

### GSM (Global System for Mobile Communications)

- ❑ GSM, 900, 1800 ya da 1900 MHz frekans bantlarında çalışmaktadır.
  - ❑ GSM 900 kırsal alanlarda haberleşmek için geliştirilmiştir. Maksimum hücre yarıçapı 33 km'dir.
  - ❑ GSM 1800 abone yoğunluğunun fazla olduğu şehirseller için tasarlanmıştır. Bu sistemde maksimum hücre yarıçapı 7-8 km'dir.
  - ❑ GSM 1900 abone yoğunluğunu fazla olduğu şehirseller için tasarlanmıştır ve maksimum hücre yarıçapı 6-7 km'dir.
- ❑ Verici tarafından tüm frekanslar küçük zaman dilimlerine bölündüğü için aynı zamanda tek frekanstan birden çok (max 8) görüşme yapabilmektedir.
- ❑ GSM, çoklu taşıyıcı (multi carrier), zaman bölmeli çoklu erişim (Time Division Multiple Access, TDMA) ve çift yönlü frekans bölmeli erişim (Frequency Division Duplexing, FDD) yöntemini kullanır.



❑ GSM'e ait frekans bandı; **25MHz Uplink**, **25MHz Downlink** ve **20MHz'de bu iki band arasında koruma bandı** ve ileride gerçekleşecek uygulamalar için rezerve olarak bırakılmıştır.

Tabloda GSM'de kullanılan frekans bandları görülmektedir.

Sistem	P-GSM 900	E-GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Frekanslar				
Alma Bağlantısı	890–915	880–915	1710–1785	1850–1910
Verme Bağlantısı	935–960	925–960	1805–1880	1930–1990
(MHz)				
Dalga boyu	33 cm	33 cm	17 cm	16 cm
Bant genişliği	25 MHz	35 MHz	75 MHz	60 MHz
Taşıyıcı bant	200 kHz	200 kHz	200 kHz	200 kHz
Radyo kanalları	125	175	375	300
İletim hızı	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s



**Bilgi :** Mobil sistem için 1 aboneye ait konuşma bilgisini en iyi şekilde taşıyabileceğimiz band genişliği 25 KHz olarak hesaplanmıştır.

# Küresel Mobil İletişim Sistemi

## GSM (Global System for Mobile Communications)

### GSM 900 MHz ile 1800 MHz arasındaki farklılık:

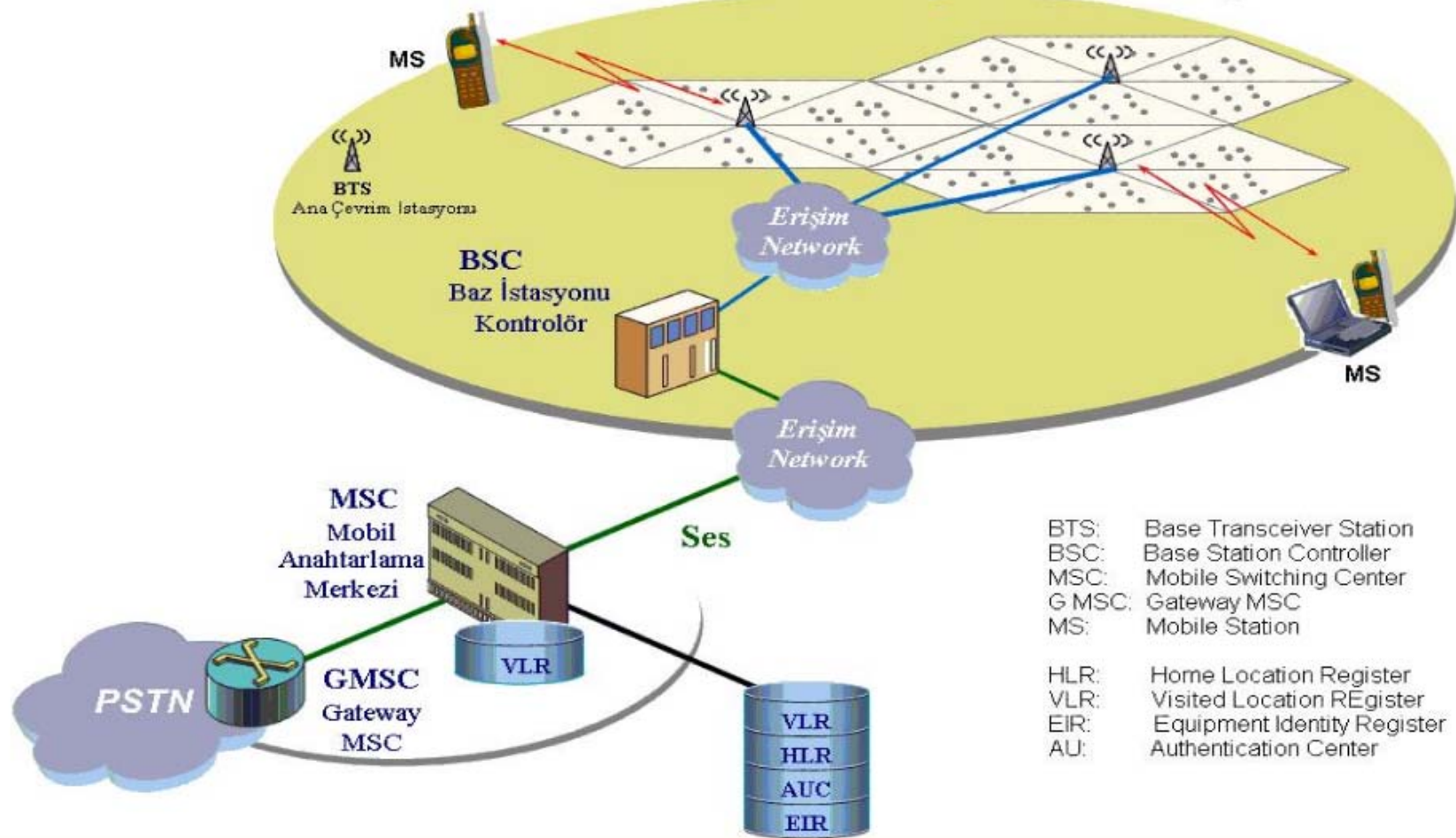
- ❑ GSM 1800 çok büyük oranda GSM 900 standartlarını kullanmaktadır.
- ❑ Temel farklılık **frekans bandının yerleşimindedir**. Bu farklılık dolayısıyla hücre çapı, kapsama alanı şartları, şebeke planlamasında iki sistem farklı özellikler göstermektedir.
- ❑ Örneğin, GSM 1800 şebekesinde GSM 900 şebekesine oranla (kırsal alanda) yaklaşık dört kat daha fazla baz istasyonu ile aynı kapsama alanına hizmet sağlamak mümkün olabilmektedir.
- ❑ GSM 900 ile GSM 1800 sistemlerinde şebeke mimarisi, çoklu erişim yöntemi, çerçeve yapısı, modülasyon tekniği, hız, konuşma kodlaması, kanal kodlaması, sinyalleşme gibi konular da **hiçbir fark bulunmamaktadır**.

Özellikler	GSM 900	GSM 1800
Frekans bandı	890-915	1710-1785
	935-960	1805-1880
Kanal aralığı	200 kHz	200 kHz
Kanal kapasitesi	124 kanal	374 kanal
En yüksek veri hızı	>150 kbps (GPRS ile)	>150 kbps (GPRS ile)
Hücre yarıçapı	<0,3 - 35 km	0,1 - 15 km
Mobil İstasyon çıkış gücü	2 - 8W	0,25 - 4W



# GSM AĞ MİMARİSİ

## GSM İletişim Ağı Topolojisi



# GSM AĞ MİMARİSİ

- ❑ **MS (Mobil istasyon – Cep telefonu)** : Aboneler tarafından taşınan mobil telefonlardır. Mobil telefon, mobil telefon şebekesinin bağlı olduğu radyo baz istasyonu ile doğrudan bağlantı kurarak hizmet vermektedir. MS iki kısımdan oluşmaktadır:

- ❑ **MS** iki kısımdan oluşmaktadır:



- 1 **Telefon cihazı (ME: Mobile equipment)**: **ME** abonenin şebekeye bağlanmasını sağlayan donanımdır. Sesi elektriksel sinyallere ve **GSM**'in kullandığı iletim formatına dönüştürerek konuşmayı sağlar.



- 2 **SIM (Subscriber Identity Module) denilen akıllı kart**: **SIM** kart ise aboneye ait bilgileri ve sağlanacak servislere ilişkin yazılımı içermektedir. **SIM** kart içerisindeki numara, şebekede aboneyi tanımlayan özel bir numaradır. Abone şebekede tek numarayla birden fazla servisi kullanabilir. Bu numara yalnızca şebekeye ilk girişte kullanılır.

**SIM**'in içerdiği bilgiler:

- Geçici Mobil Abone Kimliği (**Temporary Mobile Subscriber Identification, TMSI**),
- Yerel Alan Kimliği (**Location Area Identification, LAI**),
- Ki Kodu





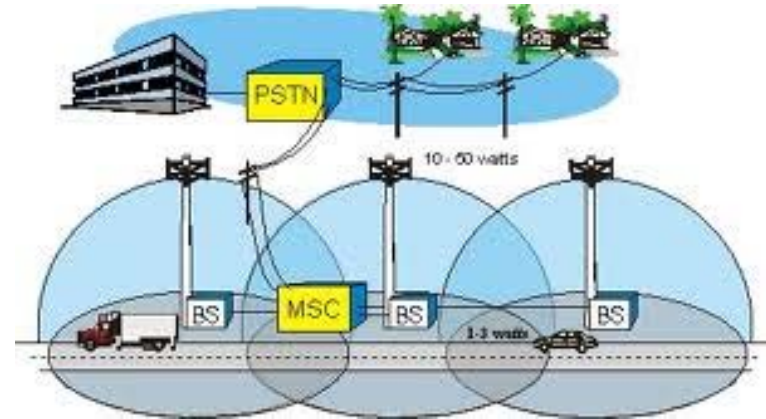
# GSM AĞ MİMARİSİ

## ❑ MSC – Mobil Anahtarlama Merkezi (Mobile Switching Center):

❑ GSM sisteminin merkezi kısmıdır.

❑ Anahtarlamanın yanında mobil abonenin tüm ihtiyaçlarını karşılar:

- Kayıt olma,
- Asıllama,
- Handover,
- Çağrı yönlendirme,
- Sabit telefon hattına (Public Switched Telephone Network, PSTN) bağlanma ve birçok hücreden sorumludur.



# GSM AĞ MİMARİSİ

❑ **BS - Baz istasyonu (Base Station):** Bir GSM hücresinde abonelerle iletişimi sağlayan verici-alıcı sistemidir. Baz istasyonları, hücresel haberleşme sistemlerinde, merkezi istasyon olarak görev yaparlar. Her hücrede bir baz istasyonu bulunur. Bu istasyonlar hem abonelerle hem de komşu hücrelerin baz istasyonları ile sürekli iletişim halindedirler.

❑ Baz istasyonu sistemi, BTS (Base Transceiver Station) ve BSC (Base Station Controller) olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

❑ **BTS (Base Transceiver Station):** Baz istasyonu ya da Baz Alıcı Verici İstasyonu olarak bilinir. Hücrenin alıcı-vericilerini içerir ve cep telefonlarının hücresel şebekeye bağlanmasını sağlayan bir dizi radyo alıcı vericidir. Sistem bileşenleri arasındaki iletişimi sağlar.

❑ **BTS fonksiyonları:** Radyo kanal yönetimi; konuşma yapmak için gerekli radyo kanalının tahsisi ve konuşmayı başlatmak için gerekli işlemlerin gerçekleştirilmesi; Sesin elektriksel formata dönüştürülmesi ve air interface'deki iletim formatının sağlanması için gerekli işlemler: Kanal kodlama, harmanlama, şifreleme, RF modülasyonu ve bütün bu işlemlerin tersi; Radyo frekanslarının gönderimi ve alımı; Frekans atlama (hopping); Handover (Handoff)





# GSM AĞ MİMARİSİ

❑ **BSC - Baz istasyonu denetleyicisi (Base Station Controller)**, bir grup baz alıcı ve verici istasyonuna (BTS) bağlıdır ve o istasyonlar için radyo kaynaklarının yönetimi ile görevlidir. Ayrıca MSC ile mobil cihaz arasındaki ara yüzdür. Bir BSC birden fazla BTS'i kontrol etmektedir. Örneğin; kullandığımız Motorola BSC'lerde donanım olarak bağlantıyı sağlarsak 100 BTS kontrol edilebilir.

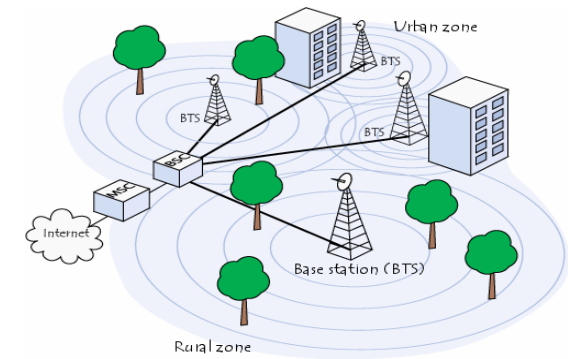
❑ **BSC fonksiyonları:**

BTS, TC ve İşletme ve Bakım Merkezi (Operation and Maintenance, OMC) bağlantısını sağlamak

Radyo kaynaklarının yönetimi (abone için kanal tahsislerinin yapılması)

Radyo frekans yönetiminin gerçekleştirilmesi

Konuşma işlemleri



# GSM AĞ MİMARİSİ

## ❑ HLR – Ev Yerleşim Kaydedicisi (Home Location Register)

- HLR, Kalıcı Konum Kütüğü olarak ta adlandırılır. HLR, Uluslararası Mobil Abone Kimliği (International Mobile Subscriber Identity, IMSI), mobil istasyon ISDN numarasını (MSISDN) ve ziyaretçi yerleşim kaydedici (Visitor Location Register, VLR) adresini saklar.
- HLR’de tutulan temel bilgiler, her bir HLR tarafından yönetilen mobil abonelere çağrıları yönlendirmek için her mobil istasyonun yeri ile ilgilidir. Bir HLR, birden fazla MSC’ye servis verebilir.

## ❑ VLR – Ziyaretçi Yerleşim Kaydedicisi (Visitor Location Register)

- VLR, Geçerli Ziyaretçi Konum Kütüğü olarak ta bilinir. Abonenin (MS) mevcut yerini, çağrı kontrolü ve abone olunan hizmetlerin temin edilmesi için gerekli olan ve HLR’den alınan bilgileri, VLR tarafından kontrol edilen her bir cep telefonu için seçilen abonelik hizmetlerinin teminini içerir. Bir VLR, bir MSC’ye bağlıdır ve normalde donanımsal olarak MSC ile birliktedir.

## ❑ AUC – Kimlik Denetim Merkezi (Authentication Center)

- SIM kartlarında tutulan/saklanan gizli bir tuşun bir kopyasını bulunduran güvenli/korunumlu bir veri tabanıdır. Radyo kanalı üzerinden onaylama ve kodlama amacıyla kullanılır. Ki kod AUC’ta tutulur. AUC, sahteciliğe karşı ek güvenlik temin eder. Normalde bir GSM şebekesi içerisinde HLR’a yakın bir yerdedir.

## ❑ EIR – Cihaz Kimlik Kaydedicisi (Equipment Identity Register)

- EIR, şebeke içerisinde yer alan geçerli mobil istasyonu cihazlarının listesini içeren bir veri tabanıdır. Burada her bir mobil istasyonu uluslararası mobil cihaz kimliği (International Mobile Subscriber Identity, IMEI) ile tanımlanır.



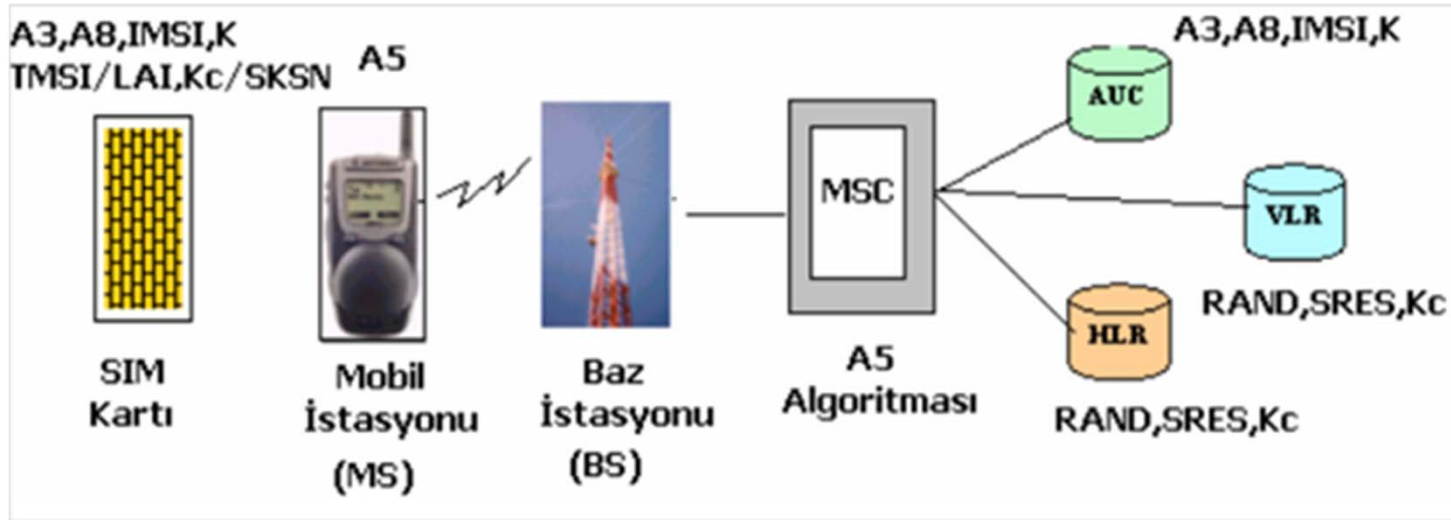
# GSM HABERLEŞMESİNİN ÇALIŞMASI

- ❑ Arama yapacak olan cep telefonu (A); Hücreden alınan arama bilgisini BTS vasıtasıyla, baz istasyonu MSC'ye iletir.
- ❑ Cep telefonu sinyalizasyon kanalı üzerinden tanıtım anahtarı ile beraber IMSI, IMEI ve görüşme yapmak istediği hedef cep telefonu-abone (B) numarasını yollar.
- ❑ MSC, gelen talebi kontrol ettikten sonra onaylamasını yapar (IMSI, Ki) ve aranan (B) numarasını inceleyerek öncelikle onun hangi konumda/nerede olduğunu bulmak amacı ile VLR'den bilgi alır.
- ❑ Eğer (B) hedef cep telefon numarası, VLR'nin kendi servis alanında değil ise, HLR'a sorulur. HLR, sayesinde bu cep telefonunun ülkenin neresinde ve hangi konumda olduğu tespit edilir.
- ❑ MSC kontrol safhasında, EIR veri tabanından aboneyi sorgular. EIR, telefon tanımlı kullanılan bir numara ise onay verilir. Çalıntı ya da borç yüzünden kapalı ise onay verilmez.
- ❑ Son olarak, AUC veri tabanında abone araştırılır. AUC, abonenin SIM kartında bulunan güvenlik numarasını denetler ve abonenin radyo kanalının kullanımı aşamasında, onay ve kod çözme işlemlerini gerçekleştirir.
- ❑ Bu denetlemelerden geçen abone için (A) abonesine ait MSC-A, aldığı bilgi ile diğer servis alanına yani (B) abonesinin bulunduğu alana bakan MSC-B'ye başvurur.
- ❑ MSC-B gelen aramayı devam ettirmek için önce (B) numarasının meşgul olup olmadığını ve o hücre içinde tahsis edilecek boş kanal olup olmadığının denetimini yapar.
- ❑ Tüm denetlemelerin yapılması sonucu, gerekli şartların sağlanması durumunda (A) numarasının, (B) numarası ile konuşması için gereken trafik kanalı verilir ve konuşma başlar.
- ❑ Konuşma boyunca **A+** arabiriminde (hava telsiz yüzü) yapılan tüm konuşma **Kc şifresi** ile gönderilir. Bu şifre ancak cep ile MSC arasında bilinir ve MSC gelen şifreli mesajları bu anahtar ile açar.
- ❑ Konuşma bitince tahsis edilen tüm trafik ve sinyalizasyon kanalları geri alınır.



# GSM GÜVENLİĞİ

- ❑ **GSM** güvenliği operatör ve müşteri açısından farklılıklar gösterebilir. Operatör, abonenin asıllanması (ücretlendirme, gizlilik vb.), hizmetlere erişimi denetleme, müşteri ise gizlilik (veri), anonimliği sağlamak (abonenin konumunu saptanamamalı, yapılan ya da yaptığı çağrılar dinlenmemeli) gibi güvenlik hizmetlerinin yerine getirilmesine ihtiyaç duyar.
- ❑ **SIM** kartı, **IMSI**, bireysel abone doğrulama anahtarı (**Ki**), şifreleme anahtarı üretim algoritması (**A8**), mobil istasyonu doğrulama algoritması (**A3**) ve kişisel kimlik numarası PIN gibi kısımlardan oluşur. Şifreleme ise A5 algoritması ile gerçekleştirilir ve bu algoritma ile şifrelenen veri kablosuz olarak iletilir. Kimlik ve doğrulama bilgileri her bir kullanıcı için **IMSI**, **TMSI** ve Yerel Bölge Kimliği (**LAI**) ve bireysel abone doğrulama anahtarından oluşur.
- ❑ Doğrulama ve güvenlik mekanizmaları fonksiyonlarının yerine getirilmesi için üç elemanın tümü (**SIM**, el cihazı ve **GSM ağı**) de gereklidir.



# General Packet Radio Service, GPRS

## (Genel Paket Radyo Servisi)

- ❑ Hücresel ağlar üzerinden iletişim için kullanılan bir standarttır.
- ❑ Genellikle **2G-2,5G** teknoloji olarak adlandırılır.
- ❑ Kablosuz veri iletişimi ile ilgilenen bir kablosuz mobil kullanıcı açısından birçok avantaj sunan paket anahtarlama sağıdır.
- ❑ Ağ yöneticisi açısından bakıldığında aşağıdaki özellikleri destekler;
  - İnternet protokolü IP 4 – 6
  - Kablosuz uygulama protokolü WAP (**Wireless Application Protocol**)
    - Mobil telefonlar, avuç içi bilgisayarlar (PDA) gibi mobil iletişim araçları üzerinde internet içeriğı sağılayan bir teknolojidir.
  - Veri aktarım hızı 56–114 Kbit/s
  - Her bir kullanıcıya 8 kanal veya her kanala 16 kullanıcı tahsis edilebilmektedir.



## Yüksek hızlı devre anahtarlama veri (High speed circuit switched data, HSCSD)

- ❑ Bir GSM şebekesi normal şartlarda devre anahtarlama olarak tek frekans kanalından 14,4 Kbit/s veri hızını desteklemektedir.
- ❑ HSCSD ise bir kullanıcının birden fazla trafik kanalını aynı anda kullanabilmesini sağlayan bir sistemdir.
- ❑ MSC ile diğer şebeke santrali arasındaki arayüz 64 Kbit/s hızla sınırlı olduğundan HSCSD'nin de kuramsal hız sınırı 64 Kbit/s'dir.
- ❑ Uygulamada ise, mevcut terminal cihazlarının kapasite ve özellikleri göz önünde bulundurularak bir kullanıcıya 4 kanal tahsis edildiği varsayıldığında  $4 \times 14,4 = 57,6$  Kbit/s'lik bir veri hızı mümkündür.
- ❑ Ancak HSCSD'nin sağladığı veri hızına erişebilmek için aynı anda birden fazla kanal kullanan terminal cihazı gerekmektedir.
- ❑ Kullanıcının talep ettiği veri hızına uygun sayıda kanal şebeke tarafından tahsis edilir. Bağlantı sırasında kanal sayısı artırılabilir.



## Küresel evrim için geliştirilmiş veri hızları (Enhanced data rates for global evolution, EDGE)

- ❑ **EDGE**, GSM'de kullanılan Gauss Önsüzmeli Asgari Kaydırmalı Kipleme (Gaussian Prefiltered Minimum Shift Keying, **GMSK**) modülasyonundan daha verimli bir bant genişliği bulunan yeni bir modülasyon metodu olan 8 Faz Kaydırmalı Kipleme (8-Phase Shift Keying, **8-PSK**) kullanan bir telsiz arayüzüdür.
- ❑ **EDGE** mevcut GSM sisteminin veri hızını üç kat arttıracak potansiyele sahiptir.
- ❑ **GPRS**'ye benzer şekilde bir kullanıcı sekiz kanalı da kullanabilir.
- ❑ Her bir kanalda 48 Kbit/s'lik veri taşınabilen **EDGE** ile veri hızı 384 Kbit/s'ye ulaşmaktadır.
- ❑ **GSM** ile aynı TDMA çerçeve yapısını ve mevcut hücre ayarlarını kullandığı için sadece her hücreye bir **EDGE** alıcı verici birimi eklenmesi ile kolaylıkla mevcut **GSM** şebekesi üzerine kurulabilir.



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 3. Nesil Teknolojiler (3G)

- ❑ ITU tarafından Uluslararası Mobil Haberleşme (International Mobile Telecommunications, IMT2000) adı verilen küresel çerçeve altında tanımlanmıştır.
- ❑ Üçüncü nesil sistem ile daha hızlı veri transferi ve bant genişliğinin daha verimli kullanımı mümkün olmuştur.
- ❑ 1G ve 2G gibi hücresel ağ sistemini kullanır.
- ❑ 3G standartları iki organizasyon tarafından geliştirilmektedir.
  - Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi (*Third Generation Partnership Project, 3GPP*)
    - 3GPP, GSM temelli ağlara dayalı 3G standartlarına yönelik çalışmaktadır.
  - 3GPP2
    - CDMA2000 olarak bilinen IS-95 teknolojisine dayalı 3G standartları için çalışmaktadır.





# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 3. Nesil Teknolojiler (3G)

- ❑ **UMTS**, CDMA2000 bu teknolojinin bir getirisiidir.
- ❑ Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi (**Universal Mobile Telecommunications System , UMTS**)
- ❑ **UMTS** GSM'e göre çok daha hızlı bir veri alış verişi sunar.
- ❑ **UMTS** GPRS veya EDGE üzerinden GSM'in yükseltilmiş sürümüdür.
- ❑ **UMTS** için standardizasyon çalışmaları 3GPP tarafından yürütülmektedir.
- ❑ **UMTS** veri oranları:
  - Kırsal için 144 Kbit/s
  - Kentsel dış mekanlar için 384 Kbit/s
  - Kapalı ve düşük aralık dış mekan için 2048 Kbit/s



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 3. Nesil Teknolojiler (3G)

- ❑ 3G teknolojisinin en önemli yanı **CDMA, TDMA ve GSM** gibi kablosuz standartlarını tek bir şemsiye altında birleştirmesidir.
- ❑ Genişbant CDMA, CDMA2000 ve Uluslararası Kablosuz Haberleşme ( UWC-136 ) arayüzleri bu birleşimin ürünleridir.
- ❑ Hızın arttırılması amacıyla **HSDPA (High Speed Downlink Packet Access-Yüksek Hızlı Veri Paketi İndirme İmkani)** ve **HSUPA (High Speed Uplink Packet Access-Yüksek Hızlı Veri Pakedi Yükleme İmkani)** teknolojileri geliştirilmiştir.
- ❑ **Dezavantajı :** Ülkelerde farklı spektrumların kullanması  
Daha fazla sayıda baz istasyonu gerekliliği



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

3G'nin getirmiş olduğu birçok yenilik vardır:

- ❑ Mesajlaşma, internet erişimi ve yüksek hızda çoklu ortam haberleşme desteği,
- ❑ Gelişmiş hizmet kalitesi,
- ❑ Gelişmiş pil ömrü,
- ❑ Konumlandırma hizmetlerinin sağlanması,
- ❑ İşletim ve bakım kolaylığı,
- ❑ 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,



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### □ 1G - 2G – 3G

	1G	2G	3G
<b>Sistem</b>	Analog	Sayısal	Sayısal
<b>Ana Sistem</b>	AMPS,NMT ve TACS	GSM, CDMA, TDMA	WCDMA ve CDMA 2000
<b>Uygulama</b>	Ses	Ses + küçük devre Anahtarlama Veri	Ses + Paket Anahtarlama Veri
<b>Yerel Abone</b>	500 K 'dan daha küçük	3.9M civarında	5M 'den daha büyük
<b>Hız</b>	Analog sinyal hızına bağlı	9.6 Kbps veya 14.4Kbps	Mobil için 384Kbps & sabit için 2Mbps
<b>Özellikler ve Faydalar</b>	Kararsız, küçük kapsama alanı ve düşük ses kalitesi	Daha güvenli, veri servisleri, geniş kapsama alanı, daha çok kullanıcı, daha iyi ses kalitesi, uzun pil ömrü	Çoklu medya verisi, konum belirleyebilme özellikleri, internet bağlantısı, sürekli erişim

# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 4. Nesil Teknolojiler (4G)

- ❑ ITU tarafından 2010 yılında IMT-Advanced teknolojisi 4G olarak tanıtıldı.
- ❑ IPv6 tabanlı bir iletişim teknolojisi.
- ❑ 4G, tamamıyla IP tabanlı, kablolu veya kablosuz bilgisayar, tüketici elektroniği, iletişim teknolojileri, iç ve dış ortamlarda sırası ile servis kalitesi ve yüksek güvenliğiyle herhangi bir zamanda herhangi bir yerde her türlü ağ hizmetini tek bir noktada birleştirerek makul fiyat ve tek faturalandırmayla gerçekleştirecek, 100 Mbit/s ile 1 Gbit/s veri iletim kapasitesini sağlayabilen sistemlerin sistemi ve ağların ağı olmayı hedefleyen bir hizmettir.



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

- ❑ 4G için düşünülen teknolojiler ile ilgili olarak üç ayrı yoldan standardizasyon aktiviteleri yapılmaktadır.
- ❑ Kuzey Amerika bölgesi için mobil haberleşme standartlarını oluşturan 3GPP2 UMB'yi 4G teknolojisi olarak seçmiştir.
- ❑ 3GPP ise **LTE-Advanced** ile yoluna devam etmektedir.
- ❑ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ise mobil **WiMAX**(802.16m) standartlarını geliştirmektedir.
- ❑ Bu üç teknolojinin de ortak yanı **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modülasyon teknolojisini seçmiş olmalarıdır.



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 4G Teknolojisinin Getireceği Hizmetler

- ❑ 1 DVD'yi 30 saniyede kablosuz ağdan gönderme
- ❑ Sabit mekânlarda 1 Gbit/s, hareket halindeyse 100 Mbit/s düzeyinde veri aktarım hızı
- ❑ 1 Gbit/s'lik hızla, 100 MP3 dosyasını (yaklaşık 300 MB) 2,4 saniyede, Bir film CD'sini (800 MB) 5,6 saniyede, 20 dakikalık bir HDTV yayını 12,5 saniyede aktarılabilir.
- ❑ Handover teknolojisi; Bu teknoloji, 100 Mbit/s'lik süper hızlı mobil iletişimi, saatte 60 km hızla giden bir araç içerisinde dahi iletişimi kesintisiz kılıyor.
- ❑ İnsanlar çok kanallı yüksek çözünürlüklü TV yayınlarını izleyebilme ve cep telefonları vasıtası ile evlerindeki aletleri kontrol edebilme.
- ❑ En ücra noktalarda bile geniş bant internet hizmeti.



# Kablosuz Geniş Alan Ağları

## Mobil Telefon Teknolojileri

### 4G Teknolojisinin Getireceği Hizmetler

- ❑ Dördüncü nesil (4G) Teknolojisi, 2G ve 3G uygulamalarından sonra altyapı ve terminallerin aynı standarda sahip olmasını sağlayacak.
- ❑ IP (internet) tabanlı sistem sayesinde ‘**şebeke meşgul**’ alarmı büyük ölçüde azalacak.
- ❑ IP (internet) tabanlı sistem, etkin maliyet kontrolü, esneklik, internet üzerinden yeni servisler ve servis kalitesi sağlayacak.





# WiMAX

- ❑ **Worldwide Interoperability for Microwave Access** kelimelerinin kısaltması olan **WiMAX** teknolojisi sabit, taşınabilir ve mobil erişimleri destekleyen bir genişbant kablosuz erişim teknolojisidir.
- ❑ Görüş hattında olan veya olmayan, noktadan noktaya, noktadan çok noktaya ve çok noktadan çok noktaya uygulamaları desteklemektedir.
- ❑ WiMAX dar alanda kablosuz İnternet ağı oluşturan **Wi-Fi (Wireless fidelity: kablosuz ağ)** teknolojisinden sonra kablosuz interneti çok daha geniş alanlara yaymaya çalışan bir teknolojidir.
- ❑ **IEEE 802.16** standartları çerçevesinde çalışmaktadır.

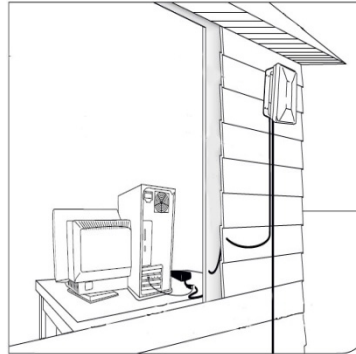


# WiMAX

- ❑ İdeal şartlarda **50 km'lik kapsama alanı içerisinde 75 Mbit/s** hızlarda ses, veri ve görüntüyü hizmet kalitesi ve güvenlik gerekliliklerinde taşıyıp dağıtabilmektedir
- ❑ Wimax sadece taşınabilir bilgisayarlarda değil aynı zamanda sabit bilgisayarlar için de interneti kablosuz hale getirmeyi hedefliyor.



İç Mekan Alıcı Cihaz ile Kullanım



Dış Mekan Alıcı Cihaz ile Kullanım



# WiMAX

## ❑ WiMAX Standartları

Standard	802.16	802.16a	802.16d	802.16e
Tamamlanma Tarihi	Ekim 2001	Ocak 2003	Haziran 2004	Aralık 2005
Spektrum	10–66 GHz	11 GHz'e kadar	11 GHz'e kadar	6 GHz'e kadar
Çalışma Şekli	LOS	NLOS	NLOS	NLOS
İletim Hızı	32–134 Mbps	70 Mbps'e kadar	70 Mbps'e kadar	15 Mbps'e kadar
Hücre Yarıçapı	5 Km'ye kadar	8 Km'ye kadar	8 Km'ye kadar	5 Km'ye kadar

# WiMAX

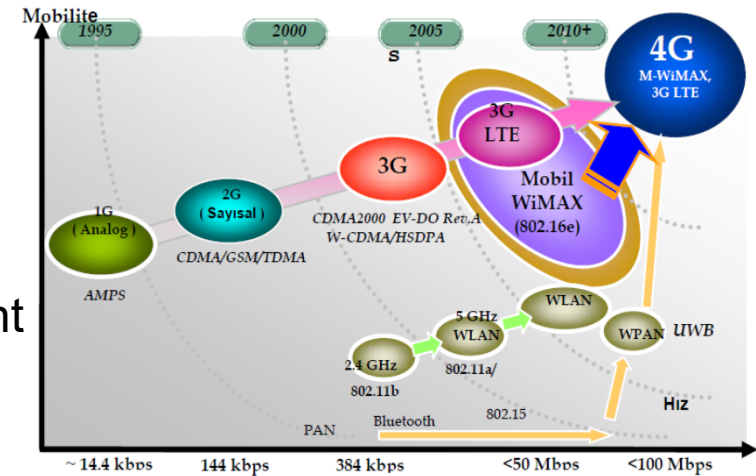
## 802.16d

❑ Omurga şebeke olarak kullanılmanın yanı sıra, bakır kablonun olmadığı ya da kablo döşemenin ekonomik olmadığı yerlerde ses ve genişbant hizmetleri sağlamak veya mevcut DSL ve Kablo Modem gibi genişbant teknolojilerle rekabet etmek amacıyla geliştirilmiş sabit ve göçebe uygulamaları sağlayabilen bir kablosuz genişbant standardıdır.

❑ Lisanslı ve lisanssız 2–11 GHz bantlarında IP tabanlı şebekeler üzerinden noktadan noktaya ve noktadan çok noktaya LOS (Line of Sight) ve/veya kapsama alanı içerisinde herhangi bir noktaya NLOS ses, veri ve görüntünün iletimini yapmak mümkündür. Teorik olarak 50 km'ye kadar 70 Mbps'lik iletim hızını mümkün kılmaktadır.

## 802.16e

❑ Ses ve genişbant hizmetleri sağlamak amacıyla 802.16d standardının temel özellikleri arasında bulunmayan **taşınabilirlik ve nihayetinde tam mobilitiyi amaçlayan** bir mobil kablosuz genişbant standardıdır.



# Mobil WiMAX

## 802.16m

- ❑ WiMax 2 olarak adlandırılır.
- ❑ 360 Mbps'lik iletim hızını desteklemektedir.

	Sürüm 1.0	Sürüm 1.5	Sürüm 2.0
Standardın Tam Adı	IEEE 802.16e-2005	IEEE 802.16e-2009	IEEE 802.16m
Standardın Temel Özellikleri	<ul style="list-style-type: none"><li>• 10 MHz'e kadar Bant Genişliği</li><li>• TDD tabanlı</li><li>• Uçtan uça IP yapısı</li><li>• Hizmet Kalitesi Desteği</li><li>• 40 Mbit/sn' kadar DL hızı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sürüm 1.0'a ilave frekans bantları</li><li>• FDD modu desteği</li><li>• Uyarlamalı modülasyon ve kodlama ile birlikte MIMO kullanımı.</li><li>• Trafik yükü dengeleme fonksiyonları</li><li>• 140 Mbit/sn kadar DL hızı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• IMT-Adv. için aday.</li><li>• Önceki sürümler ile uyumlu çalışabilme.</li><li>• Çok geniş bant genişliği desteği.</li><li>• 300 Mbit/sn'e kadar DL hızı</li><li>• Yüksek spektrum verimliliği.</li><li>• Düşük tepkime süresi</li></ul>
Uygulamalar	VoIP	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek VoIP kapasitesi</li><li>• Acil servis numaralarının aranabilmesi ve konum tabanlı servislerin verilmesi.</li><li>• Çoklu gönderim ve yayıncılık hizmetleri.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sürüm 1.5'e ilave olarak yüksek kapasite ve hız gerektiren gerçek zamanlı uygulamaların sunumu.</li><li>• Gelişmiş içerik desteği.</li></ul>
Sertifika ürünlerin piyasaya çıkış zamanı	2008	2010	2012

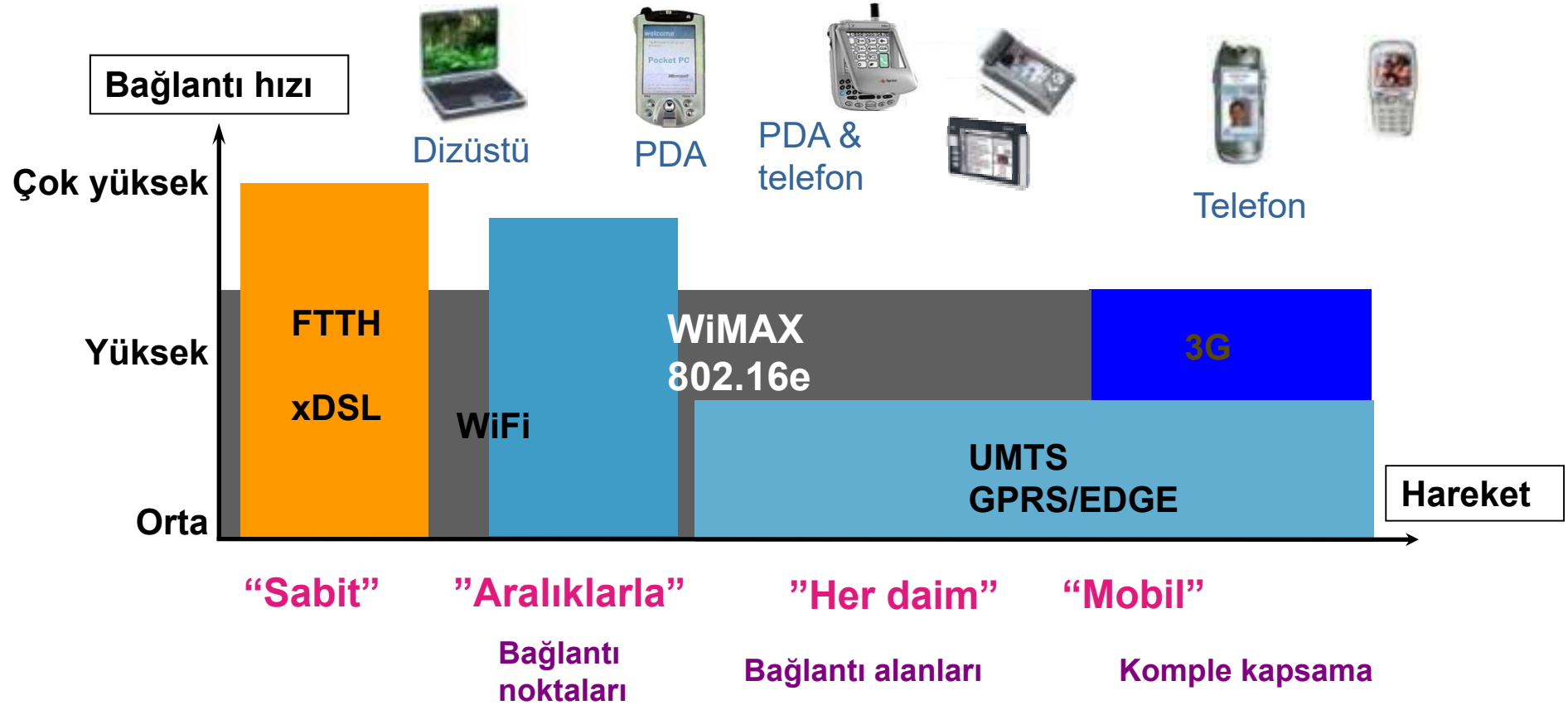


## Teknik Özellikleri

- ☐ 11 GHz altındaki lisanslı ve lisanstan muaf bant işlemleri desteği,
- ☐ Yüksek spektral verimlilik,
- ☐ Daha güvenli iletim için ileri hata düzeltme,
- ☐ Kişisel güvenlik ve şifreleme özellikleri ile güvenli iletim,
- ☐ Mesafeyi ve kapasiteyi artırmak için gelişmiş anten teknikleri desteği,
- ☐ Uzak mesafelere ulaşmak için bant genişliğinden feragat edilmesine izin verebilen uyarlanabilir modülasyon desteği,
- ☐ Geleneksel TDM ses trafiği veya Voice over IP ile video'da ideal taşıma ve veri trafiğinin önceliği gibi gecikme duyarlıklı hizmetler için düşük gecikme süresi sağlama,
- ☐ Hem TDD hem de FDD tekniklerini kullanabilme,
- ☐ OFDM ve OFDMA modülasyon teknikleri.

# WiMAX

Diğer erişim teknolojilerine göre pozisyonu



WiMAX farklı bağlantı hızı ve mobilite ihtiyaçları için geniş bir segmentde ihtiyaçları karşılayabilir



# WiMAX

## Uygulama Alanları

### Savunma



- ✓ Her yerde Genişbant ve Uzaktaki Birimlerin Merkeze Bağlantısı (netcentric warfare uygulamaları)
- ✓ Gözetleme Sistemleri Bağlantıları

### Enerji



- ✓ Uzaktan Gözetleme ve Yönetim Uygulamaları
- ✓ GRID Uygulamaları, tele-protection & personel mobilite uygulamaları, telemetri çözümleri

### Kamu Güvenliği



- ✓ Gözetleme ve Takip Sistemleri, Şehir Yönetim ve Kame
- ✓ Afet ve Afet Sonrası İletişim Sistemleri



### Kurumsal



- ✓ Genişbant Mobilite uygulamaları ile verimliliğin artırılması
- ✓ Uzaktaki çalışma birimlerine Genişbant erişim bağlantısı

### Kamu & Belediye



- ✓ “Dijital Köprü’nün” maliyet etkin bir şekilde aşılması
- ✓ E-Devlet, E-Eğitim ve E-Sağlık Proje ve programlarında genişbant erişim altyapısının sağlanması

### Transport



- ✓ Video Gözetleme, E-Bilet, Internet erişim...
- ✓ Kontainer takip, bagaj ve kargo takip ve yönetim, Personel Mobilite...





# Long Term Evolution,LTE

## LTE Teknolojisinin Gelişimi

- ❑ **2008:** Ericsson, dünyanın ilk mobil görüşmesini LTE üzerinden yaptı.
- ❑ **2009:** Dünyanın ilk kamuya açık LTE servisi Telia Sonera tarafından Oslo ve Stockholm'da açıldı.
- ❑ **2010:** Alcatel-Lucent ve LG, LTE ile CDMA ağları arasındaki ilk data görüşmesini gerçekleştirdi.
- ❑ **2010:** Nokia Siemens networks ve Vodafone İtalya, İtalya'daki ilk LTE telefon görüşmesini gerçekleştirdi.
- ❑ **2011:** Alman Telekom, Fransız Telekom ve Telis Sonera şebeke ve terminal cihaz üreticilerini LTE cihazlarında **1800 MHz**'in kullanımı için çağrı yaptılar.
- ❑ **2011:** SriLanka Telecom Mobitel ilk LTE çalışmasını Güney Asya'da 96 Mbit/s hızı ile tamamladı.
- ❑ **2011:** Rogers Communications Ottawa, Kanada'da LTE ağını başlattı.



# Long Term Evolution,LTE

## LTE Teknolojisinin Özellikleri

- ☐ **Yüksek veri hızları**
  - ☐ DL : 100 Mbit/s
  - ☐ UL: 50 Mbit/s
- ☐ **Düşük gecikme değerleri**
  - ☐ Transit time : <10 ms
  - ☐ Setup time <100 ms
- ☐ **Yüksek kapasite**
  - ☐ 5 MHz'de 200 kullanıcı, daha geniş spektrumda 400 kullanıcı
- ☐ **Esnek spektrum kullanımı**
  - ☐ IP tabanlı
- ☐ **Hücre kapsama alanı 5-100 km**
- ☐ **500 km/saat hızına kadar mobilite desteği**
- ☐ **1.25, 2.5, 5, 10, 15 ve 20 MHz bantgenişliği**

# WiMAX – LTE

## Wimax vs. LTE



## WiMAX ve LTE KARŞILAŞTIRMASI

Amerikada yapılan testte Verizon LTE ağı ile Sprint WiMax ağı karşılaştırılmış. Verizon şebekeleri teorik olarak **100Mbps** hızı destekliyor ve 700MHz frekansından yayın yapıyor. Sprint'in WiMax ağı ise **2.5GHz** frekansından teorik olarak **128Mbps'e** kadar hız desteği sunuyor.

### WiMax mi Daha Hızlı? Yoksa LTE mi Daha Hızlı?

Testin en önemli parçası ise hiç şüphesiz hız testi. Her iki şebeke operatörü de daha iyi olduğunu iddia etse de canlı şebekede elde edilen sonuçlar farkı açık bir şekilde ortaya koyuyor.

NewYork sokaklarındaki **10 farklı lokasyonda** yapılan testte **WiMax maksimum 11.2Mbps** hıza erişebilmiş.

Bazı noktalarda çok düşük değerleri görerek hayal kırıklığı yaratan şebekenin ortalama ulaştığı değer ise

**4.1Mbps.** LTE tarafındaysa durum çok daha farklı gerçekleşmiş görünüyor. LTE şebekeleri üzerinden elde edilmiş en yüksek hız ise tam **26.1Mbps**. Ortalamada da çok düşük rakamları görmeyen LTE **ortalamada 13.3Mbps** hıza erişerek, WiMax'ten **3 kat daha hızlı** olma başarısını yakalamış.

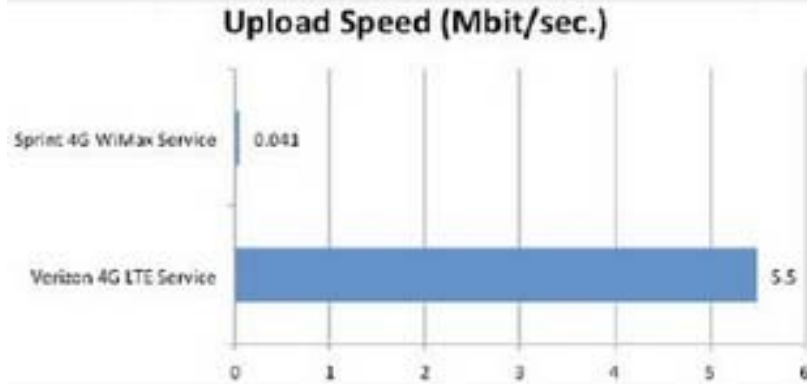
Download Speed (Mbit/sec.)



# WiMAX – LTE

## WiMax ve LTE Upload Testi Sonuçları

İndirme hızıyla en iyi sonucu LTE ulaşmış durumda peki ya yükleme performansı ile en iyisi hangisi? Bu durumda da aslında sonucun değişmeyeceğini kestirmek pek de güç değil ancak LTE şebekelerinin ulaştığı rakamları dile getirmemek haksızlık olurdu. YouTube'a yapılan **video upload** testi sonuçlarına göre WiMax ortalamada 41Kbps'i aşamayıp hayal kırıklığı yaratıyor. Verizon'un LTE şebekesi ise **5.5Mbps** gibi bir ortalama ulaşmakta pek de zorlanmamış görünüyor.

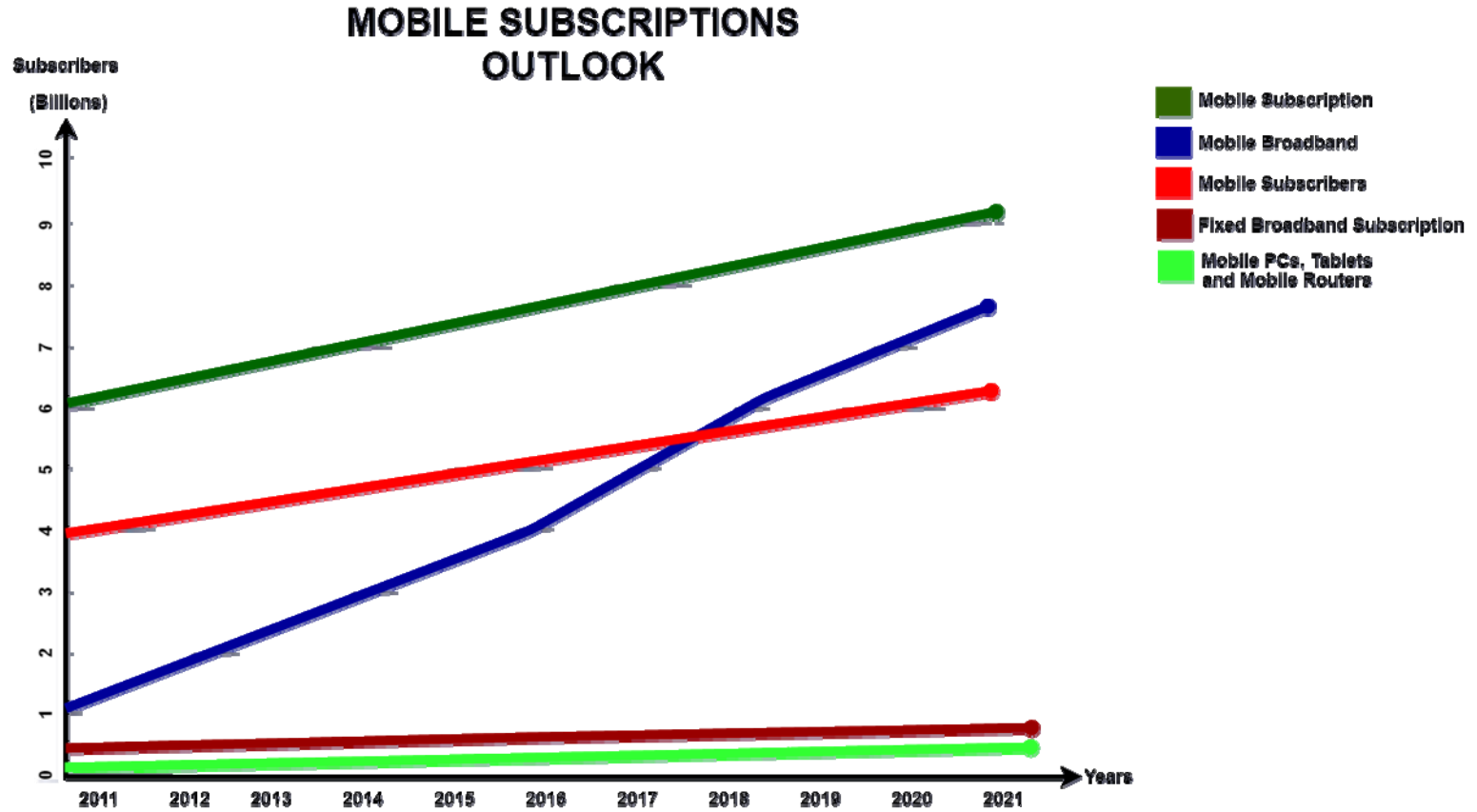


Sonuçlara bakıldığında LTE şebekelerinin geleceğin 4G teknolojisi için en uygun seçim olduğunu söylemek mümkün. Ancak WiMax'in çok daha geniş kapsama alanlarına ulaşabilmesi ve daha az maliyetli olması operatörlerin seçimini etkileyecektir muhtemelen.

Bunun yanında LTE de mevcut 3G şebekelerinde yapılacak küçük bir düzenleme ile dönüştürülebilir. Ülkemizde Turkcell'in şimdiden LTE şebekeleri üzerinden bir takım testler yaptığını biliyoruz. Bakalım 4G'de Türkiye'de hangisi kullanılmaya başlanacak... Bunu da ancak zamana gösterecek.

# Long Term Evolution – Advanced (4.5G)

- Her zaman, her yerde, her teknolojiyle kişiselleştirilmiş servisler



- Ericsson Mobility Report'a göre 2021 yılında 9 milyar mobil, 7.7 milyar mobil genişband ve 6.3 milyar akıllı telefon kullanıcısı (abonesi) olması tahmin edilmektedir.

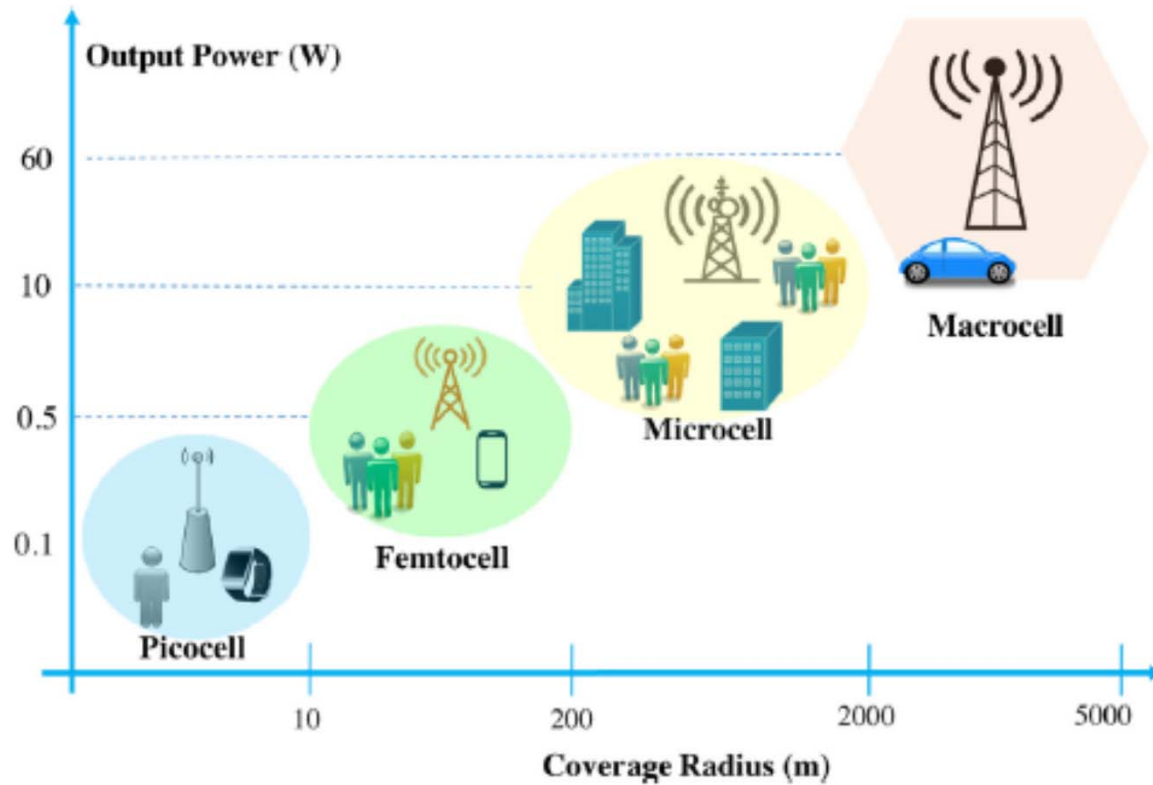
# LTE-Advanced Diğer Teknolojiler İle Karşılaştırılması

- ❑ LTE-Advanced, 10 sürümü 2010 yılında 3GPP tarafından tanıtıldı.

	WCDMA (UMTS)	HSPA+	LTE	LTE-A
Max Downloading Speed	384 Kbps	28 Mbps	100 Mbps	300 Mbps
Max Uploading Speed	128 Kbps	11 Mbps	50 Mbps	150 Mbps
Latency	150 ms	50 ms	10 ms	5 ms
Year of Release	2003	2007	2008	2010
Access Methodology	CDMA	CDMA	OFDMA/ SC-OFDMA	OFDMA/ SC-OFDMA

# Long Term Evolution,LTE

- ❑ Farklı radyo erişim teknolojileri ve farklı büyüklükteki hücrelerin yer aldığı ağlar **Heterojen Ağ** olarak tanımlanır.
- ❑ Hücre büyüklükleri arasındaki farklar kapsama alanı, desteklenen kanal sayısı ve yayın gücüdür. Örneğin küçük hücreler 20mw-2w arasındaki yayın gücüne sahip iken Makro hücreler 20-40w yayın gücüne sahiptir.





# Kablosuz Mobil Ağların Sınıflandırılması

	1G	2G	2.5G/2.75G	3G	4G	4.5G	5G
Teknoloji	Analog hücresel	Sayısal Hücresel	Sayısal Devre Anahtarlama Veri	Genişbant, CDMA/IP teknoloji	Birleşik IP, LAN,WAN,WLAN birleştirilmesi	4G + WiFi	4G + www
Servis	Yalnızca ses, Mobil telefon	Sayısal ses, kısa mesajlaşma	Ses ve veri iletimi	Yüksek kaliteli ses, video ve data	Dinamik veri iletişimi, cihaz çeşitliliği	Dinamik veri iletişimi, arttırılmış kapasite ile cihaz çeşitliliği	Dinamik veri iletişimi, yüksek kapasite ile cihaz çeşitliliği
Çoğullama	FDMA	TDMA/CDMA	TDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Ağ	PSTN	PSTN	PSTN / Paket ağ	Paket ağ	İnternet	İnternet	İnternet
Veri İletim Hızı	2 Kbit/s	14-64 Kbit/s	384 Kbit/s	2 Mbit/s	100 Mbit/s	450 Mbit/s	1Gbit/s ve üzeri
Standartlar	AMPS, NMT, TACS, C-450	GSM	GPRS, HSCSD, EDGE	WCDMA, CDMA2000 UMTS, HSDPA	WiMAX, LTE	LTE Advanced IMT Advanced	Femtocell

