



SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

BSM 313

NESNELERİN İNTERNETİ VE UYGULAMALARI

(Internet of Things (IoT) and Applications)

NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARINDA
SIKLIKLA KULLANILAN KABLOSUZ TEKNOLOJİLER
Hücresel Uzun Mesafeli Kablosuz Teknolojiler

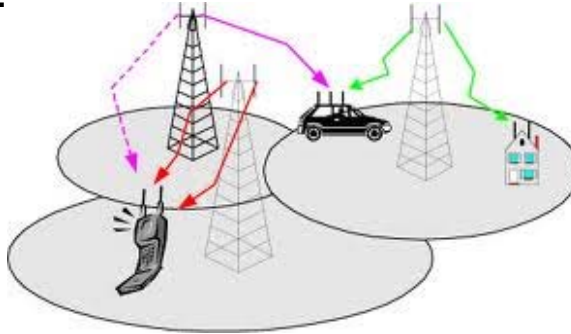
Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ



Hücresel Ağlar

(Cell Networks)

- ❑ Mobil sistemlerde, haberleşme alanı hücre (cell) adı verilen küçük coğrafik alanlara ayrılır.
- ❑ Mobil iletişim için hücresel kavramı 1972 yılında Bell Laboratuvarında ortaya konmuştur. 1983'de ilk Amerikan ticari analog hücresel servis olan AMPS geliştirilmiştir. GSM, hücresel ağ yapısındadır.
- ❑ Hücresel sistemler, genel olarak mevcut frekansların yeniden kullanılabileceği coğrafik olarak daraltılmış alanlarda düşük güçlü vericilerin kullanımına dayanmaktadır.
- ❑ Her hücrede, kapsama alanı içerisindeki gezgin kullanıcıların haberleşmesini kontrol eden baz istasyonu ya da erişim noktası bulunur. Baz istasyonlarından yapılan radyo yayınları hücrenin kapsama alanını oluşturmaktadır.
- ❑ Her hücreye mevcut frekans spektrumundan kanallar tahsis edilir. Bu kanallar ihtiyaç duyulduğunda gezgin kullanıcılar tarafından kullanılır. Aynı numaralı hücreler aynı frekansları kullanabilirler.

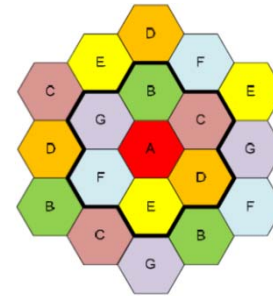


Hücresel Ağlar

(Cell Networks)

□ Neden Hücresel Mimari

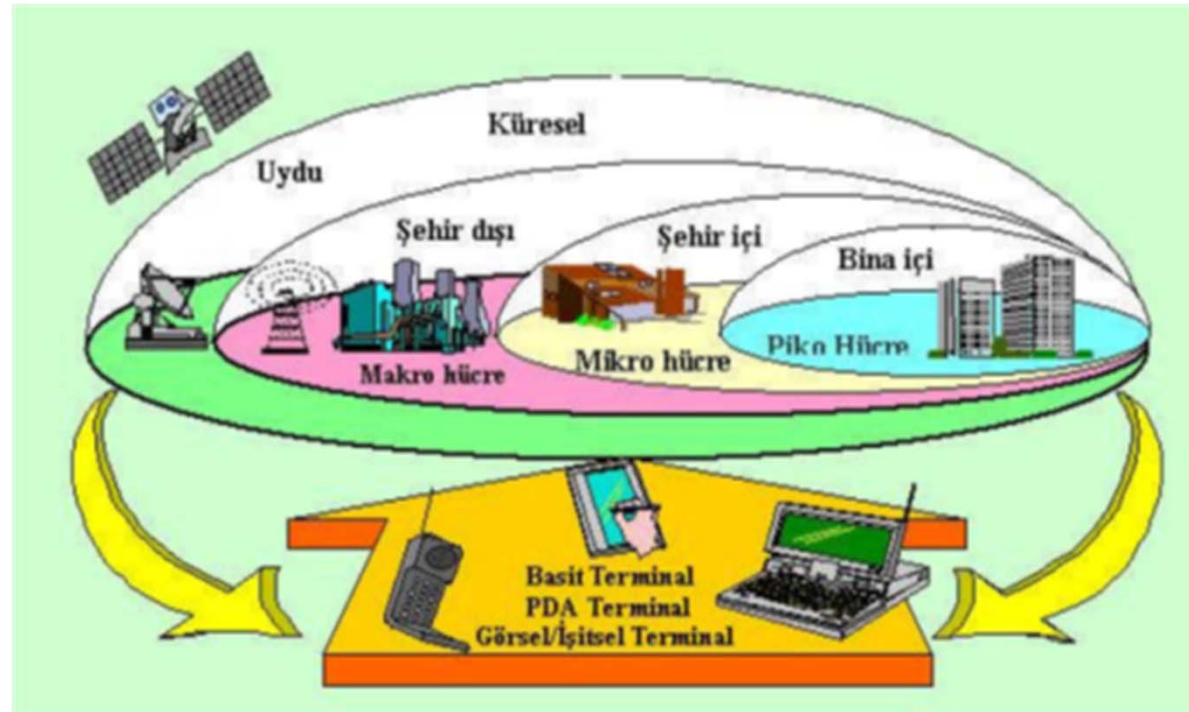
- Tek bir yüksek güçlü verici kullanımı yerine çok sayıda düşük güçlü verici kullanımı,
- Coğrafi olarak ayrı alanlarda aynı frekansların tekrar kullanımı (reuse frequency), (farklı hücrelerde kullanıcılar aynı frekans kanalını eş zamanlı kullanabilir)
- Kullanıcı kapasitesinin artırılması,
- Komşu hücrelerde farklı frekansların (kanalların) kullanımı ile girişimin en aza indirilmesi,
- Bir hücredeki baz istasyonunun bozulması durumunda tüm sistemin değil yalnızca ilgili hücre alanının etkilenmesi,



Hücresel Ağlar

(Cell Networks)

- ❑ GSM iletişimde hücrelerin planlaması yapılırken,
 - Hücrenin şehir içinde ya da dışında olması,
 - Hücrenin kapsama alanı içerisinde muhtemel abone sayısı gibi faktörler belirleyici etkenlerdir.
- ❑ Kapsama alanına göre GSM Hücre türleri:
 - Mega Hücre,
 - Makro Hücre,
 - Mikro Hücre,
 - Piko Hücre

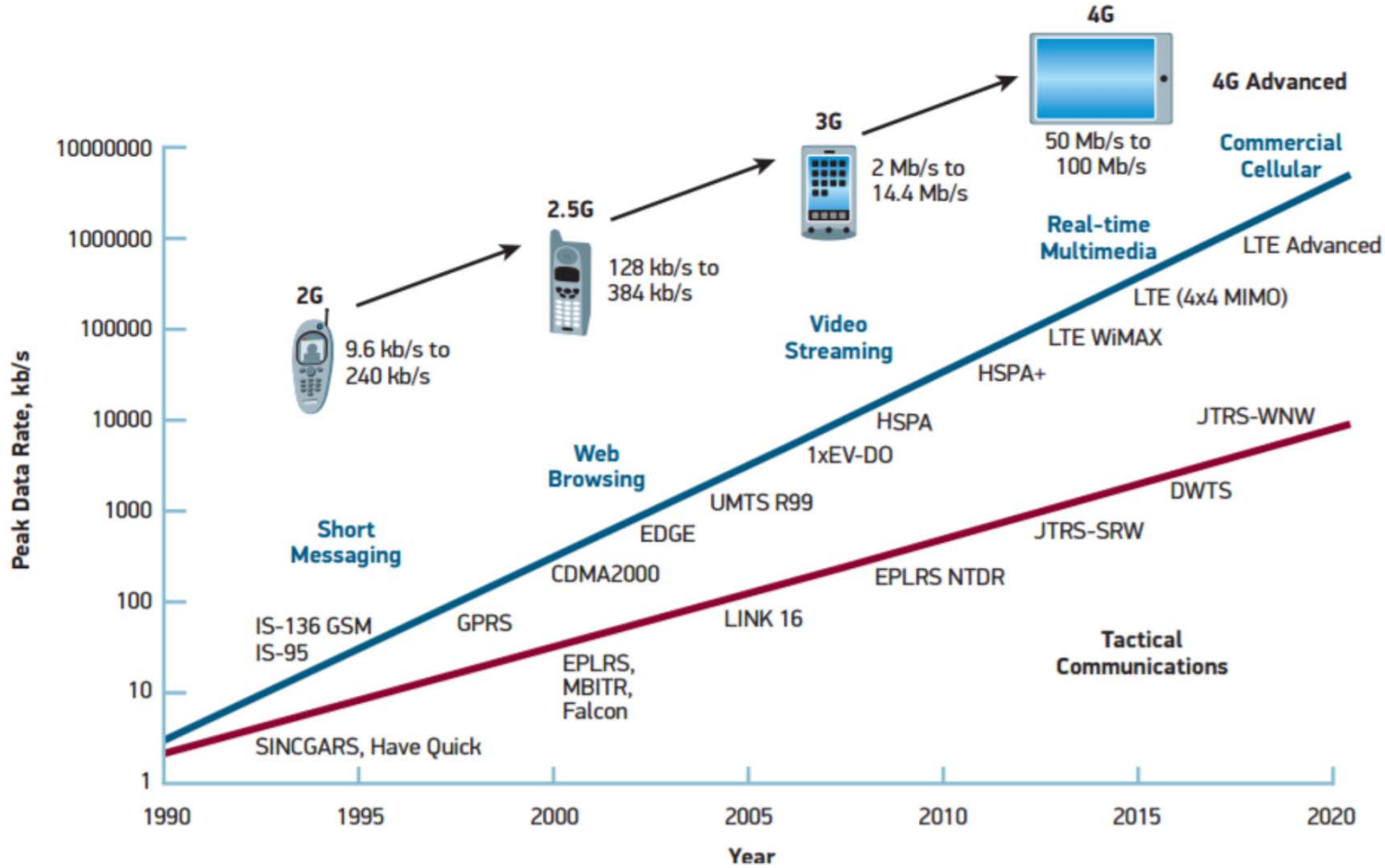


Hücresel Mobil Ağların Sınıflandırılması

	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, artırılmış 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



Hücresel Mobil Ağların Gelişimi



Kaynak: H. Jensen, J. Sharpe, "LTE Infrastructure for Command and Control Networks", <http://www.radisys.com/sites/default/files/paper-lte-infrastructure-for-cc.pdf>



Genel Paket Radyo Servisi

(General Packet Radio Service, GPRS)

- ❑ Hücresel ağlar üzerinden iletişim için kullanılan bir standarttır.
- ❑ Genellikle 2,5G teknoloji olarak adlandırılır.
- ❑ Kablosuz veri iletişimi ile ilgilenen bir kablosuz mobil kullanıcı açısından birçok avantaj sunan paket anahtarlamasına sahiptir.
- ❑ 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 içeriği sağlayan bir teknolojidir.
 - Veri aktarım hızı 56–114 kbit/s
 - Her bir kullanıcıya 8 kanal veya her kanala 16 kullanıcı tahsis edilebilmektedir.



Küresel Evrim İçin 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.



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.



3. Nesil Teknolojiler

(3G)

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,



4. Nesil Teknolojiler

(4G)

- ❑ ITU tarafından Gelişmiş Uluslararası Mobil Haberleşme (International Mobile Telecommunications-Advanced, IMT-A) 4G olarak tanıtılmıştır.
- ❑ IPv6 tabanlı bir iletişim teknolojisidir.
- ❑ 4G standartları üç organizasyon tarafından geliştirilmektedir.
 - IEEE, 802.16m (WiMAX2)
 - 3GPP, LTE-Advanced (Long Term Evolution)
 - 3GPP2 , UMB (Ultra Mobile Broadband)



4G tamamıyla IP ile tümleştirilmiş bir sistemdir.

Herhangi bir zamanda herhangi bir yerde her türlü ağ hizmetini yüksek veri iletim hızı, yüksek güvenlik ve servis kalitesi sunmayı hedefleyen bir sistemdir.



WiMAX

- ❑ **Worldwide Interoperability for Microwave Access** kelimelerinin kısaltması olan WiMAX teknolojisi sabit, taşınabilir ve mobil erişimleri destekleyen bir genişbant kablosuz erişim teknolojisidir.
- ❑ **IEEE 802.16** standartları çerçevesinde çalışmaktadır.
- ❑ İdeal şartlarda 50 km'lik kapsama alanı içerisinde 75 Mbit/s hızlarda ses, veri ve görüntüyü hizmet kalitesi ve güvenlik gerekliliklerinde taşıyıp dağıtabilmektedir.
- ❑ Versiyonlarına göre değişiklik göstermekle birlikte 2, 6, 10, 11, 66 GHz frekans spektrumlarında çalışmaktadır.
- ❑ İlk standart (802.16) Ekim 2001 yılında tanıtılmıştır ve LOS (Line-of-Sight) olarak çalışmaktadır. Sonraki standartlar (802.16a, d, e) NLOS (Non-Line-of-Sight) olarak çalışmaktadır.
- ❑ IEEE 802.16e versiyonu ile mobil kablosuz genişbant haberleşme sağlanmaktadır.
- ❑ IEEE 802.16m standardı, 4G teknolojisi (WiMAX 2) olarak tanımlanmaktadır.
- ❑ 802.16m standardı ile 360 Mbit/s veri iletim hızları desteklenmektedir.

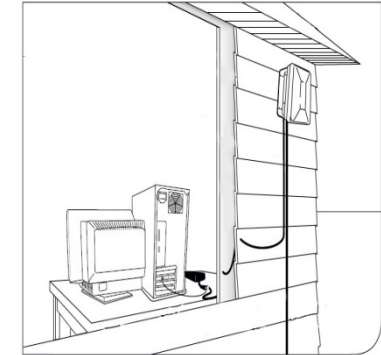


WiMAX

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



İç Mekan Alıcı Cihaz ile Kullanım



Dış Mekan Alıcı Cihaz ile Kullanım

WiMAX Uygulama Alanları

Savunma		<ul style="list-style-type: none">✓ Her yerde Genişbant ve Uzaktaki Birimlerin Merkeze Bağlantısı (netcentric warfare uygulamaları)✓ Gözetleme Sistemleri Bağlantıları
Enerji		<ul style="list-style-type: none">✓ Uzaktan Gözetleme ve Yönetim Uygulamaları✓ GRID Uygulamaları, tele-protection & personel mobilite uygulamaları, telemetri çözümleri
Kamu Güvenliği	 	<ul style="list-style-type: none">✓ Gözetleme ve Takip Sistemleri, Şehir Yönetim ve Kame Sistemleri✓ Afet ve Afet Sonrası İletişim Sistemleri
Kurumsal		<ul style="list-style-type: none">✓ Genişbant Mobilite uygulamaları ile verimliliğin artırılması✓ Uzaktaki çalışma birimlerine Genişbant erişim bağlantısı
Kamu & Belediye		<ul style="list-style-type: none">✓ “Dijital Köprünün” maliyet etkin bir şekilde aşılması✓ E-Devlet, E-Eğitim ve E-Sağlık Proje ve programlarında genişbant erişim altyapısının sağlanması
Transport		<ul style="list-style-type: none">✓ Video Gözetleme, E-Bilet, Internet erişim...✓ Kontainer takip, bagaj ve kargo takip ve yönetim, Personel Mobilite...

Uzun Süreli Evrim

(Long Term Evolution, LTE)

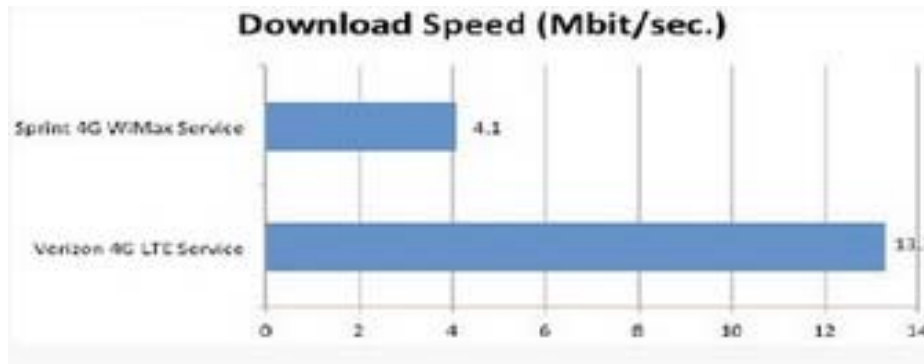
- ❑ 3GPP organizasyonu tarafından 4G mobil haberleşme standardı olarak kabul edilmiştir.
- ❑ LTE'nin en önemli artısı **yüksek kapasite** ve **veri aktarım hızı** özellikleridir.
- ❑ Ericsson LTE üzerinden dünyanın ilk mobil görüşmesini 2008 yılında yaptı.
- ❑ 2009 yılında Telia Sonera firması tarafından Oslo ve Stockholm şehirlerinde dünyanın ilk kamuya açık LTE servisini sunulmuştur.
- ❑ LTE teknolojisinin özellikleri
 - Yüksek veri iletim hızları (DL: 100 Mbit/s, UL: 50 Mbit/s),
 - Düşük gecikme değerleri (iletim zamanı <10ms, kurulum zamanı < 100ms),
 - Yüksek kapasite (5 MHz'de 200 kullanıcı, daha geniş spektrumda 400 kullanıcı),
 - IP tabanlı esnek spektrum kullanımı,
 - 5-100 km'e kadar hücre kapsama alanı desteği,
 - 1.25, 2.5, 5, 10, 15 ve 20 MHz bantgenişliği desteği,
 - 500 km/saat hıza kadar hareketlilik desteği,



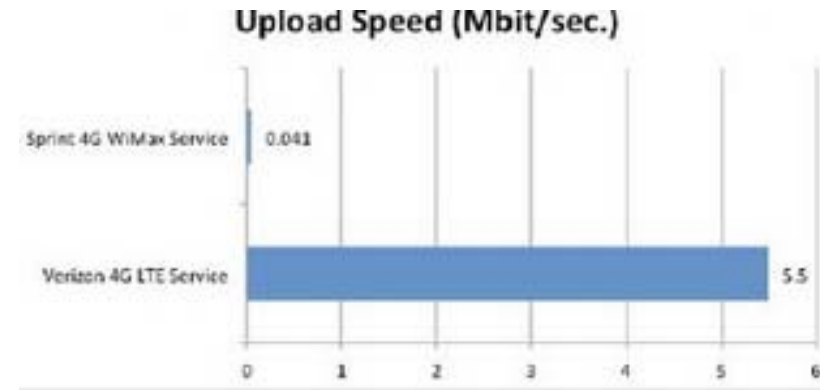
WiMAX ile LTE Karşılaştırması



- ❑ A.B.D'de Verizon LTE ağı ile Sprint WiMAX ağı arasında NewYork şehrinin 10 farklı yerinde test işlemi gerçekleştirilmiş.
- ❑ Verizon LTE 700 MHz'de çalışıyor ve teorik olarak 100 Mbit/s hızı destekliyor.
- ❑ Sprint WiMAX ağı ise 2.5 GHz frekansında teorik olarak 128 Mbit/s hızı desteği sunuyor.



- ✓ WiMAX maksimum 11.2 Mbit/s, LTE ise 26.1 Mbit/s hızlara ulaşmış.
- ✓ LTE, ortalama hızlarda WiMAX'ten 3 kat hızlı



- ✓ Youtube yapılan video yüklemede, WiMAX ortalama 41 Kbit/s, LTE ise 5.5 Mbit/s hıza ulaşmış.



4.5 Nesil Teknolojiler

(4.5G)

- ❑ Ülkemiz 1 Nisan 2016 tarihi itibarıyla 4.5G teknolojisine geçmiştir.
- ❑ 4G ile 4.5G teknolojilerinin tanımlanmasında ülke ve kurumlara göre farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin IMT-Advanced (LTE-Advanced) 4.5G olarak kabul edilebilmektedir.
- ❑ 4.5G'nin avantajları
 - Bant genişliği (800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz frekans bantlarında toplam 390,4 MHz bant genişliği kullanımı),
 - Yüksek veri iletim hızı (teorik olarak 450 Mbit/s),
 - Yüksek performans (mobil tv, kaliteli görüntülü konuşma vd.),
 - Operatör ve servis sağlayıcı açısından ise yüksek ağ veri hacmi, yeni frekans bantlarının kullanımı, düşük maliyetler, tüm IP sürümlerinin desteklenmesi, yönetilebilirlik kolaylığı sayılabilir.



Hücresel Uzun Mesafeli Kablosuz Teknolojiler Kullanarak Nesnelerin İnterneti Tabanlı Uygulama Geliştirme



AT Komut Seti

- ❑ ‘ATtention’ kelimesinin kısaltması olan **AT** Komut Seti, ‘Hayes’ Telekomünikasyon firması tarafından geliştirilen bir standarttır.
- ❑ AT Komut Seti yalnızca GSM/GPRS değil, fax, modem, WiFi entegreleri (ESP8266 vd.) vb. cihazların haberleşmesi için de kullanılmaktadır.
- ❑ Tüm komutlar ‘AT’ ile başlar. AT kısaltması tek başına bir komut değildir, komutun başlangıcını ifade eder.
- ❑ Örnek: Arama komutu
 - **ATD**+905xxxxxxxxx;
- ❑ Her AT komutunun gönderilmesinden yaklaşık 4sn sonra sonuç kod (**Result Code**) bilgisi alınır.
- ❑ AT komut setinde + ile başlayan komutlar genişletilmiş komutlardır. Arama (D, Dial), Cevap (A, Answer) gibi temel komutlar ise + ile başlamaz.
- ❑ Örnek: SMS gönderme komutu
 - **AT+CMGS** = \ “+905xxxxxxxxx \”



AT Komut Seti Örnekleri

Komut	Açıklama
AT + komut=?	Bir AT komutunun desteklenip, desteklenmediğini kontrol eder.
ATA	Dışarıdan gelen çağrıyı kabul etme komutu.
ATD+905xxxxxxxxx	Bir numarayı arama komutu (aramayı başlatır)
ATH	Bir aktif aramayı (görüşmeyi) sonlandırma komutu
AT+CMGF=1	Gönderilen ya da gelen kısa mesajı (SMS) text formatına uyarla (Standart format Hex'dir)
AT+CMGS = \"'+905xxxxxxxxx '\"	Komutun ardından ilgili numaraya gönderilecek kısa mesaj girilir ve mesajın bittiğini belirtmek için sonuna Ctrl+Z (ascii 26) eklenir.
AT+CMGR=1	Gelen kısa mesajı okuma komutu (mesaja ait bilgiler –tel no, isim, tarih- ve mesaj içeriği birlikte okunur)
AT+CMGD	Kısa mesajı sil = 0 belirli bir mesajı sil (indeks numarası verilen), = 1 tüm okunmuş mesajları sil = 4 okunmamış mesajları sil



AT Komut Seti Örnekleri

Komut	Açıklama
AT + CIMI	IMSI sorgulama komutu
AT + CGSN	IMEI sorgulama komutu
AT + CPIN = "<pin>"	Pin kodu girme komutu
AT + CSQ	Sinyal kuvveti sorgulama komutu (0 ile 31.99)
AT+SAPBR AT+SAPBR=3,1, "Contype", "GPRS" AT+SAPBR=3,1, "APN", "CMNET" AT+SAPBR=1,1 AT+SAPBR=2,1	GPRS bağlantı kurulum komutu Bağlantı tipi olarak GPRS seçimi Erişim noktası (APN) kurulumu (CMNET yerine WWW) GPRS yetkilendir Bağlantı düzgün kurulduysa, geri IP adresi dönerse, çalışma başlar
AT+HTTPINIT AT+HTTPPARA= "CID", 1 AT+HTTPPARA="URL", "http://www.sakarya.edu.tr/test.html" AT+HTTPACTION=0 AT+HTTPREAD AT+HTTPTERM	HTTP modu başlatılır. HTTP kurulumu başlatılır Erişilmek istenen web sayfasının adresi HTTP GET oturumu başlar Alınan datayı oku HTTP oturumunu sonlandır



Nesnelerin İnterneti Uygulamalarında Kullanılan GPRS Modül Örnekleri



- ❑ Dört farklı band desteği (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz)
 - ❑ GPRS çoklu-slot sınıfı 10/8
 - ❑ GPRS mobil istasyon sınıf B
 - ❑ AT komutları ile kontrol
 - ❑ Kısa mesaj servisi (SMS)
 - ❑ Gömülü TCP/UDP yığını (web sunucuya veri yükleme)
 - ❑ Gerçek zamanlı saat (RTC)
 - ❑ Seçilebilir seri port
 - ❑ Hoparlör ve kulaklık çıkışı
 - ❑ Düşük güç tüketimi (uyku 1.5 mA)
 - ❑ Çalışma sıcaklığı (- 40 C ile + 85 C)
- ❑ Dört farklı band desteği (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz)
 - ❑ GPRS çoklu-slot sınıfı 12
 - ❑ GPRS mobil istasyon sınıf B
 - ❑ AT komutları ile kontrol
 - ❑ Kısa mesaj servisi (SMS)
 - ❑ Gömülü internet servis protokolleri, çoklu soket, IP adr.
 - ❑ Jammer algılama
 - ❑ Düşük güç tüketimi (1.3 mA)
 - ❑ Çalışma sıcaklığı (- 40 C ile + 85 C)

Küresel Uydularla Konum Belirleme Sistemi

(Global Navigation Satellite Systems, GNSS)

- ❑ GNSS, uydularla konum belirleme (seyrüsefer) sistemleri için kullanılan genel bir addır.
- ❑ Bir GNSS alıcı yeryüzünde bulunduğu noktanın enlem, boylam, yükseklik ve bulunulan noktadaki yerel saati hesaplayabilir.
- ❑ GNSS, kara, hava, deniz araçlarının konumlarının belirlenmesi, araç takip sistemleri, kadastro ölçümleri, jeodezik amaçlı ölçümler vb. amaçlarla kullanılır.
- ❑ GNSS Sistemleri
 - GPS (A.B.D.)
 - GALILEO (Avrupa Birliği)
 - GLONASS (Rusya)
 - BEIDOU/COMPASS (Çin)
 - QZSS (Japonya)
 - IRNSS/GAGAN (Hindistan)



Küresel Konumlama Sistemi

(Global Positioning System, GPS)

- ❑ GPS, A.B.D.'nin uydularla konum belirleme sistemidir.
- ❑ Dünya çevresini yaklaşık 12 saatte bir tur atan 31 adet uydudan oluşan bir sistemdir.
- ❑ Herhangi bir zamanda en az 4, en fazla 12 uydu görülebilir durumdadır.
- ❑ 1,57542 GHz (L1 sinyali) ve 1,2276 GHz (L2 sinyali) aynı iki frekansta tüm uydular yayın yapar.
- ❑ GPS sistemi, uydular (uzay bölümü), kontrol (yer istasyonları) ve kullanıcı (GPS alıcılar) olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

Nesnelerin İnterneti Uygulamalarında Kullanılan GPS Modül Örnekleri



- ❑ 22 izleme/66 satın alma kanal GPS alıcısı
- ❑ Güncelleme oranı 10 Hz
- ❑ Seri Arayüz Desteği (UART, SPI, I2C)
- ❑ Sayısal G/Ç (GPIO)
- ❑ Güç Tüketimi: (bekleme <200uA, izleme 19 mA)

- ❑ 50 kanal GPS alıcısı
- ❑ Güncelleme oranı 5 Hz (Neo-6M)
- ❑ Hassasiyet 5 m
- ❑ Seri Arayüz Desteği (UART, SPI, I2C)
- ❑ Güç Tüketimi: (bekleme <22 mA)

Ardunio GSM-GPS Shield

**GGS01-GSM/GPS
ARDUINO GSM-GPS SHIELD**



❑ Genel Özellikleri

- ✓ SIM900 GSM Modül
- ✓ SIM28 GPS Modül
- ✓ Seri Arayüz Desteği (UART, SPI, I2C)
- ✓ Sayısal G/Ç (GPIO)

❑ Uygulama Alanları

- ✓ M2M Uygulamaları
- ✓ GSM aktiviteleri (Arama, SMS atma vb.)
- ✓ Uzaktan cihaz takip ve kontrolü
- ✓ Scada – Telemetry uygulamaları

Kaynaklar

❖ Temel Kaynaklar

- Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ ve Doç. Dr. Kerem KÜÇÜK, “**Nesnelerin İnternet’i: Teori ve Uygulamaları**”, Papatya Yayınevi, 2019.

❖ Diğer Kaynaklar

- Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ, ‘Kablosuz Ağ Teknolojileri ve Uygulamaları’ Ders Notları, 2016.
- Andreas F. Molisch, “Wireless Communications”, Wiley, 2005
- AT Komut Test Yazılımı, <http://m2msupport.net/m2msupport/module-tester/>
- G. Boysen "Mobile Communications-Data transmission in industry", Phoenix Contact, 2012.
- V. Marttin, C. Bayılmış, U. Yüzgeç, "Yeni Nesil Mobil Kablosuz Ağlar: 4.5G Üzerine Bir Araştırma", Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı (UBMK2016), 666-670, Tekirdağ, Türkiye, 20-23 Ekim 2016.
- H. Jensen, J. Sharpe, “LTE Infrastructure for Command and Control Networks”, <http://www.radisys.com/sites/default/files/paper-lte-infrastructure-for-cc.pdf>
- GND Teknik, <http://www.gndteknik.com/>
- SIMCOM, <http://www.simcom.eu/>
- <http://www.3gpp.org/>
- <http://www.3gpp2.org/>

