



# **Mobilni sistemi i servisi**

## **- Bežične mreže -**

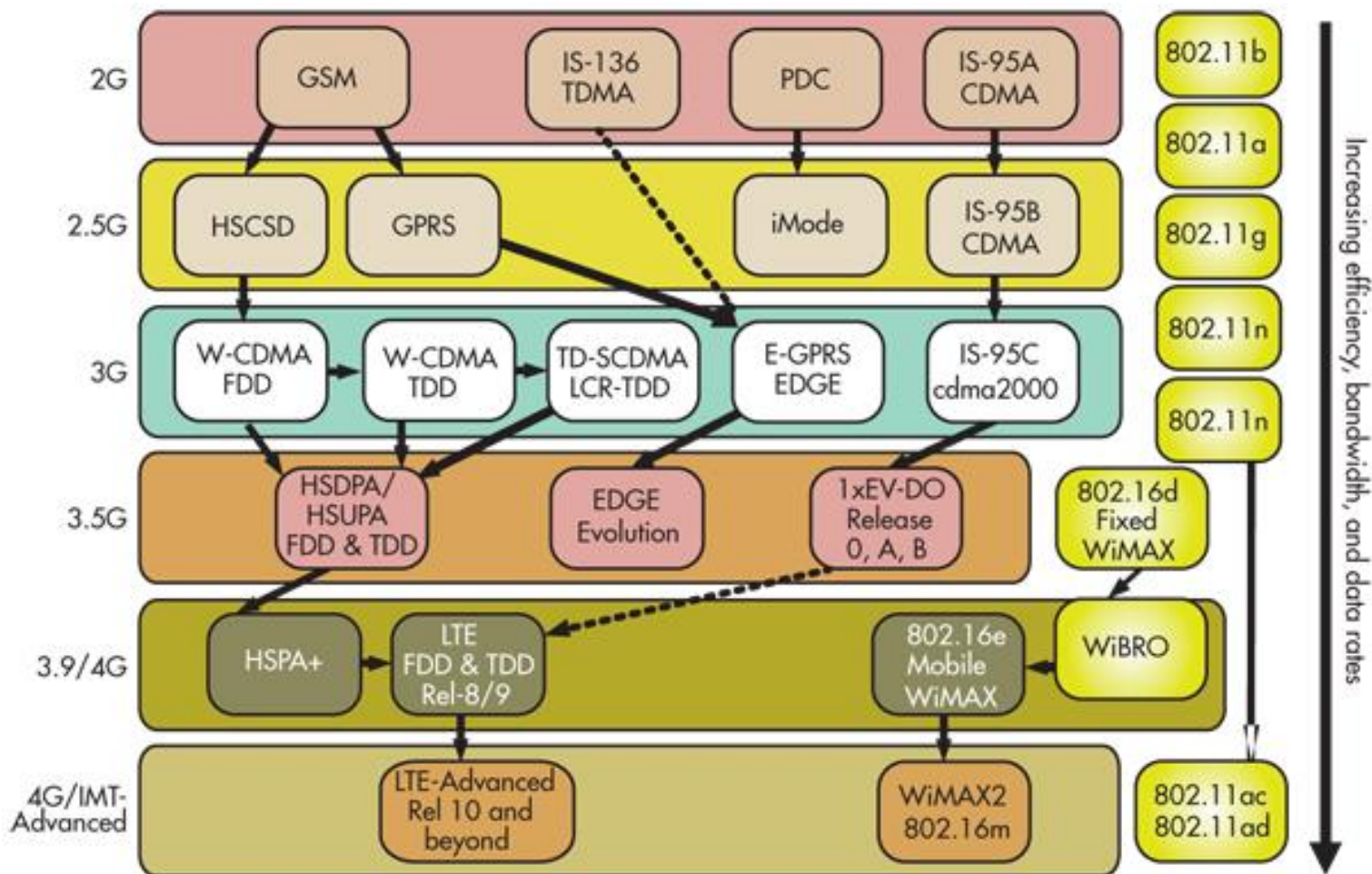
**Katedra za računarstvo  
Elektronski fakultet u Nišu**



# Izvori

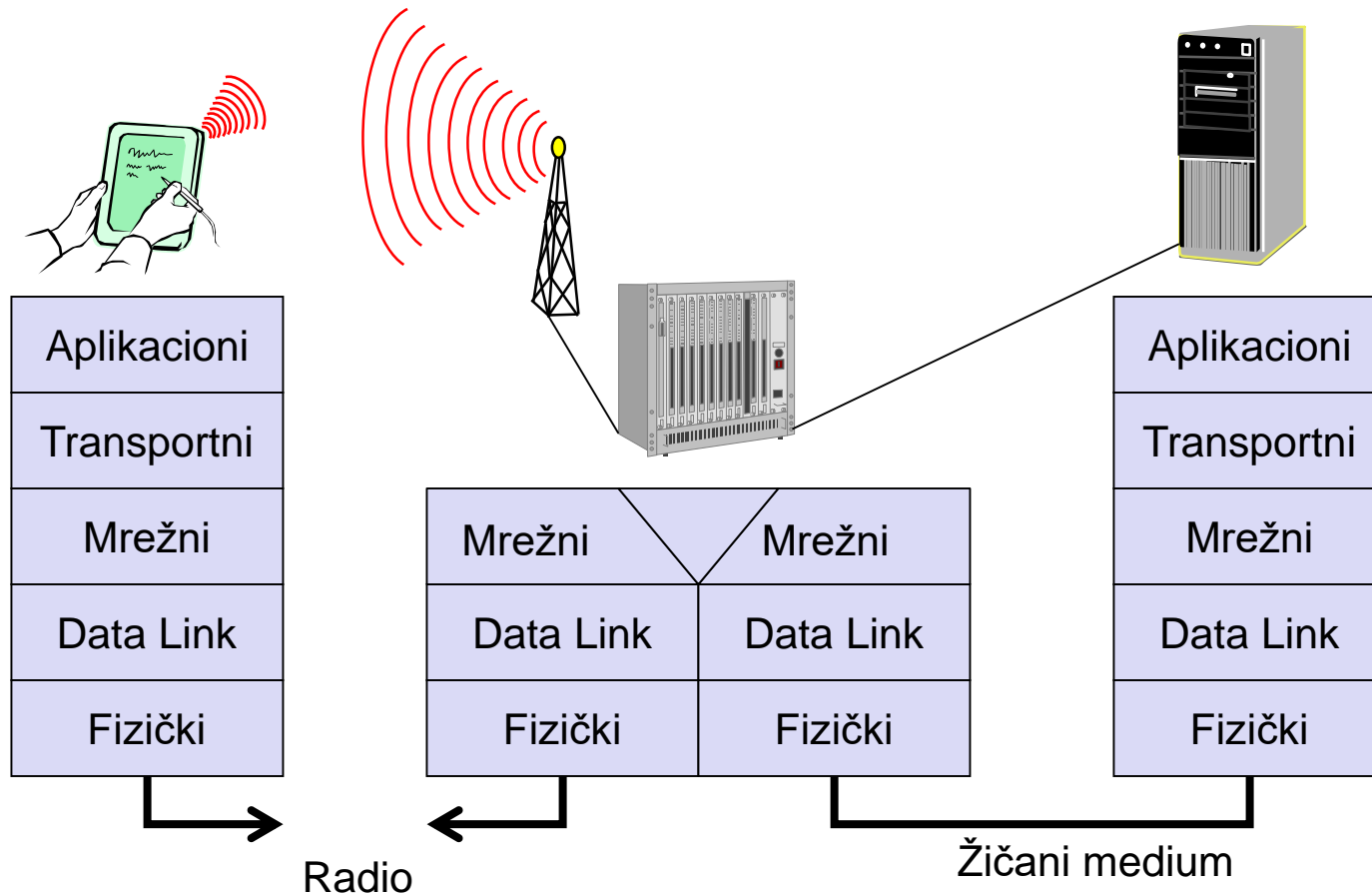
- ✚ *Mobile Communications*, 2<sup>nd</sup> Edition, Jochen Schiller, Addison Wesley, 2003.
- ✚ *Wireless Communications*, 2 edition, Andreas F. Molisch, Wiley; 2010.

# Bežične mreže - istorijat



✿ 4G – četvrta generacija: LTE, LTE-A, Mobile WiMAX

# Jednostavni referentni model



# Funkcije slojeva u bežičnoj mreži

## ➊ Aplikacioni sloj

- ❑ lociranje servisa
- ❑ nove aplikacije, multimedija, pristup WWW
- ❑ adaptivne aplikacije

## ➋ Transportni sloj

- ❑ uspostavljanje *end-to-end* konekcije
- ❑ kontrola toka i zagušenja, kvalitet servisa

## ➌ Mrežni sloj

- ❑ adresiranje, rutiranje paketa, lociranje uređaja
- ❑ hand-over

## ➍ Sloj veze (*Data link*)

- ❑ autentikacija
- ❑ kontrola pristupa medijumu
- ❑ korekcija grešaka
- ❑ multipleksiranje

## ➎ Fizički sloj

- ❑ konvertovanje niza bitova u signal
- ❑ kriptovanje
- ❑ modulacija
- ❑ upravljanje interferencijom i slabljenjem
- ❑ izbor frekvencije

# Bežične mreže

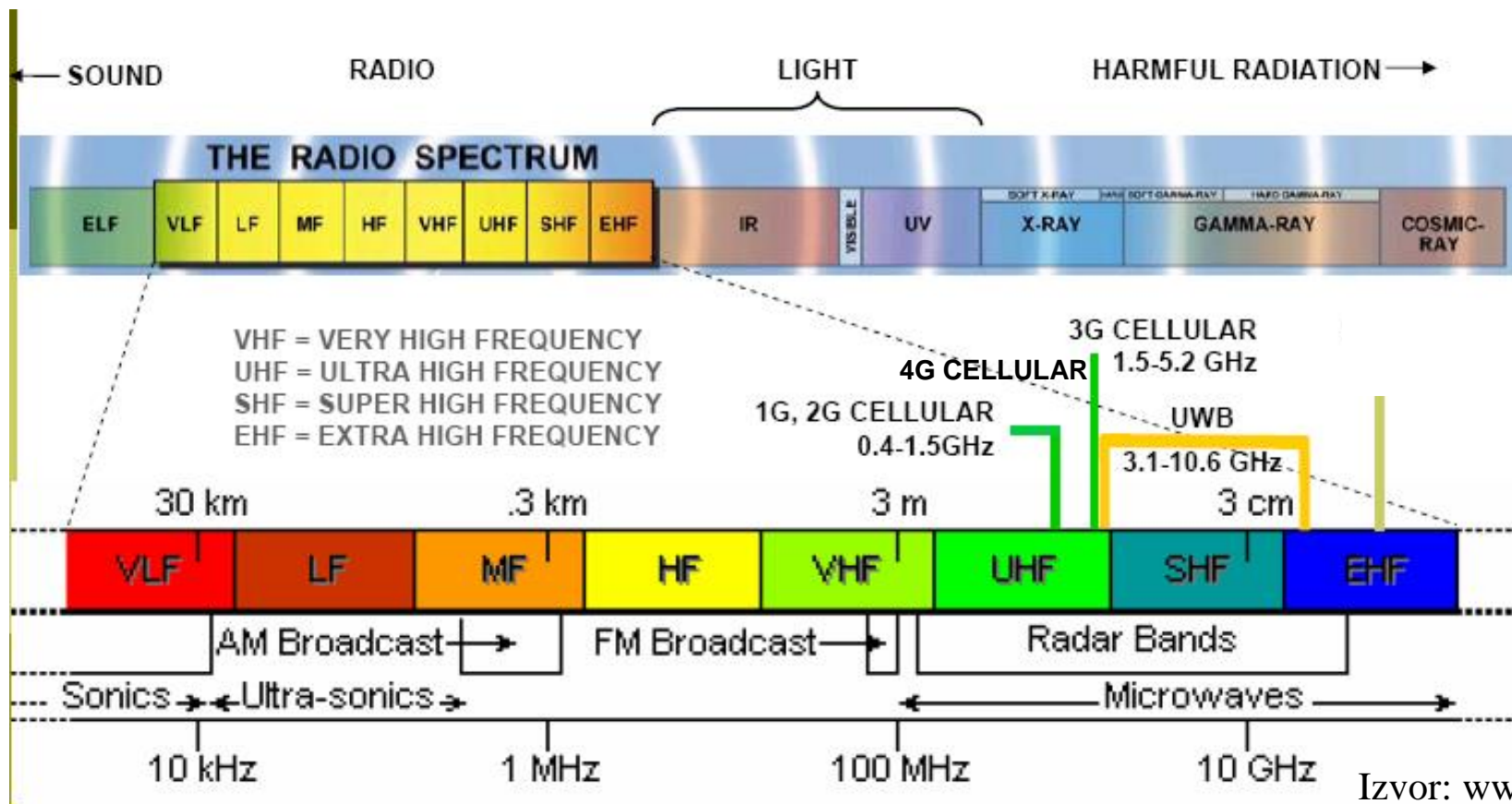
- ✿ Osnovna razlika bežične i žičane (fiksne) mreže je u **fizičkom sloju i sloju veze (*data link*)**
- ✿ Tehnologija žičanih mreža se zasniva na kablovima (optičkim ili bakarnim)
- ✿ Prenos podataka u bežičnim mrežama obavlja se korišćenjem elektromagnetskih talasa koji se prenose kroz prostor (i pri tome su podložni rasejanju, refleksiji i slabljenju)
- ✿ Podaci se modulišu na noseću frekvenciju (amplitudna, frekventna, fazna modulacija,...)
- ✿ **Data link sloj** (pristup medijumu, multipleksiranje, korekcija grešaka, sinhronizacija) zahteva mnogo složenije mehanizme nego kod žičanih mreža



# Bežične mreže – Fiksne mreže

- ✿ Viši stepen gubitaka kvaliteta signala zbog interferencije sa drugim izvorima EM zračenja:
  - ✦ električni uređaji, mašine, itd.
- ✿ Restriktivne regulacije korišćenja frekvencija
  - ✦ Korišćenje frekvencija i frekventnih opsega mora biti koordinisano; korisne frekvencije su skoro potpuno zauzete
- ✿ Male brzina prenosa
  - ✦ U lokalu reda Mbit/s, u regionalnom području, npr., 50 Kbit/s sa GSM/GPRS
- ✿ Veće kašnjenje i veći *jitter*
  - ✦ uspostavljanje konekcije sa GSM je reda sekunde, dok je za ostale bežične sisteme nekoliko stotina milisekundi
- ✿ Smanjena sigurnost i jednostavni aktivni napadi na komunikaciju
  - ✦ Radio interfejs je dostupan svakom; bazne stanice mogu biti simulirane i tako privuku pozive sa mobilnih telefona
- ✿ Deljeni medijum
  - ✦ Veoma važni mehanizmi za obezbeđenje sigurnosti pristupa

# Elektromagnetni spektar



- $c = \lambda \cdot f$   $c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \sim 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- ITU-R (*International Telecommunication Union – Radiocommunication*) upravlja korišćenjem frekventnih opsega širom sveta i održava aukcije za nove frekvencije

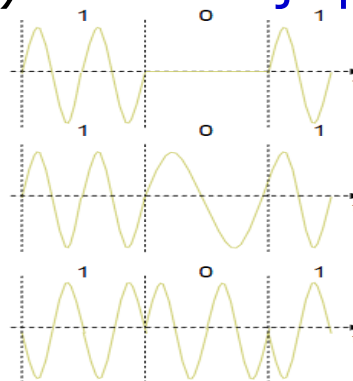


# Osnove bežičnih komunikacija

- ✿ Komutacija kola (*Circuit switching*) i **komutacija paketa** (*Packet switching*)

- ✿ **Modulacija digitalnih signala**

- ✦ *Amplitude Shift Keying (ASK)*
- ✦ *Frequency Shift Keying (FSK)*
- ✦ *Phase Shift Keying (PSK)*



- ✿ **Multipleksiranje** – definiše način kako više korisnika može deliti komunikacioni medijum bez, ili sa minimalnom interferencijom
  - ✦ *Frequency Division Multiplexing*
  - ✦ *Time Division Multiplexing*
  - ✦ *Code Division Multiplexing*
- ✿ MAC pripada data link sloju ISO/OSI modela i implementira mehanizme kojima se reguliše pristup korisnika medijumu korišćenjem TDM, FDM ili CDM
  - ✦ FDMA = *Frequency Division Multiple Access*
  - ✦ TDMA = *Time Division Multiple Access*
  - ✦ CDMA = *Code Division Multiple Access*



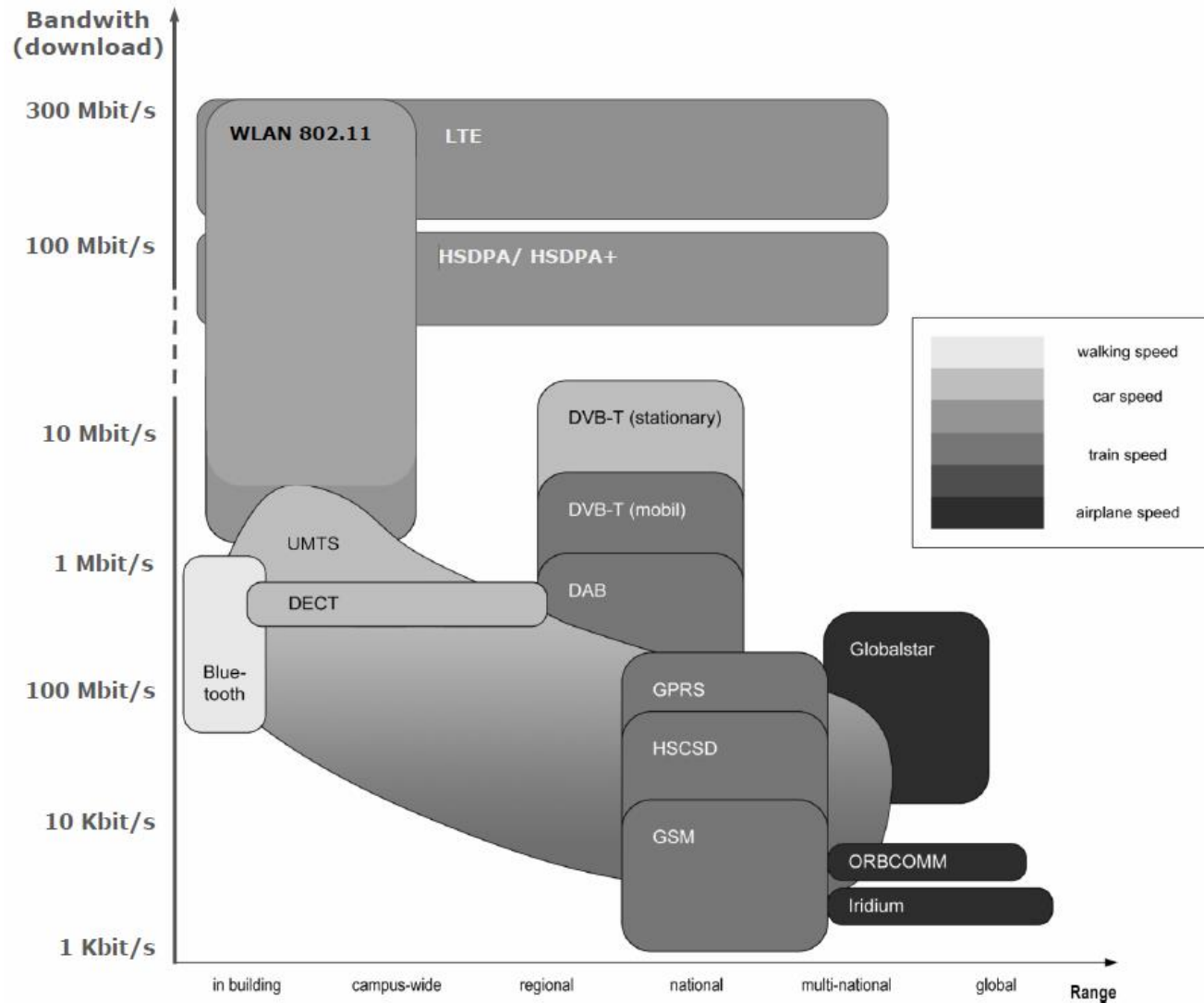
# Klasifikacija bežičnih mreža

## 5 tipova bežičnih mreža

TIP MREŽE	OBLAST POKRIVENOSTI	FUNKCIJA	TROŠKOVI	PROPUSNI OPSEG	STANDARDI
Wireless personal area network (WPAN)	U okruženju korisnika; tipično 10m	Zamena kablova, personalne mreže	Veoma mali	0.1-4 Mbps	IrDA, Bluetooth, 802.15
Wireless local area network (WLAN)	U zgradama ili lokalnom području (aerodrom, kampus, itd)	Proširenje ili alternativa klasičnom LAN	Mali-srednji	1-54 Mbps, (500Mbps-1Gbps)	802.11a, b, g, n, ac, ...
Wireless metropolitan area network (WMAN)	Gradsko područje	Pristup fiksnoj Internet infrastrukturi i žičanom MAN	Srednji	75 Mbit/s do 50km LOS, do 10km NLOS	WiMAX, 802.16, Mobile Broadband Wireless Access, 802.20
Wireless wide area network (WWAN)	Grad ili država	Proširenje LAN i WAN	Srednji-visoki	8 Kbps-2 Mbps	GSM, TDMA, CDMA, GPRS, EDGE, WCDMA, HSDPA, HSPA+, LTE, 5G
Satelitske mreže	Globalna pokrivenost	Proširenje WAN	Veoma visoki	2 Kbps-19.2 Kbps	TDMA, CDMA, FDMA



# Propusni opseg/ Oblast pokrivenosti/ Brzina kretanja





# WPAN

## ✿ WPAN: wireless personal area networks

- ✦ Komunikacija u bliskom okruženju (oblasti oko korisnika)
- ✦ Potrošnja male snage
- ✦ Niska cena
- ✦ Male mreže
- ✦ Ne zahteva prethodno postavljenu infrastrukturu

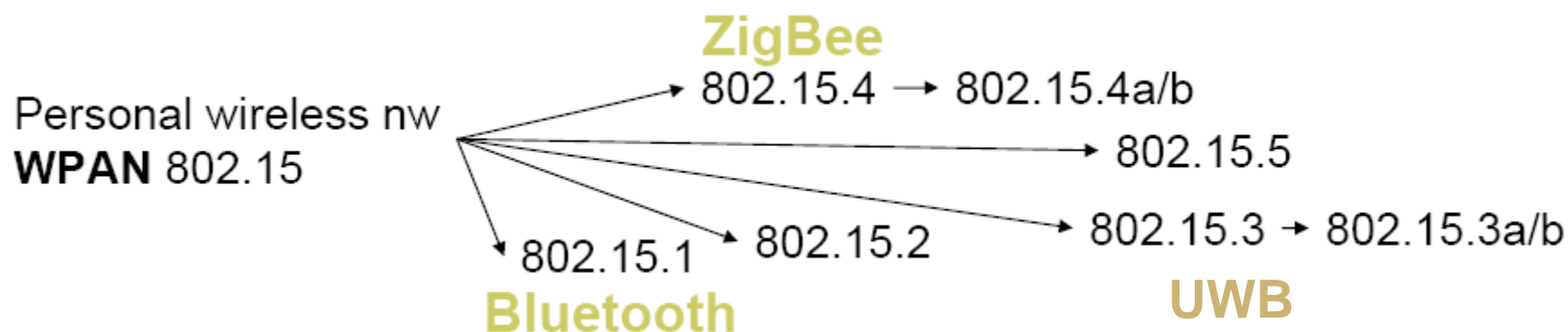
## ✿ WPAN standardi

- ✦ UWB (*Ultra-WideBand*)
  - Bežični monitori, prenos podataka od digitalnih kamkordera, bežično štampanje digitalnih slika
  - Transfer datoteka između mobilnih telefona ili drugih mobilnih uređaja
- ✦ Bluetooth, Bluetooth LE (Low Energy)
- ✦ ZigBee



# Bluetooth (IEEE 802.15.1)

- Ad-hoc bežično povezivanje elektronskih uređaja:
  - PC, štampača, mobilnih telefona, bežičnih slušalica, LCD projektora, modema, laptop-a, PDA, itd.
- Ime sugerisano od strane Ericsson-a
  - Harald Bluetooth, Vikinški kralj u Danskoj u 10-om veku, ujedinio državu i uveo Hrišćanstvo





# Bluetooth karakteristike

- ✦ U frekventnom opsegu **2.4 GHz - komutacija paketa** (*Packet switched*)
- ✦ **1 milliWatt** – u odnosu na 500 mW celularnih telefona
- ✦ **Niska cena**
- ✦ Opseg **10m** do **100m**
- ✦ Koristi **Frequency Hop** (FH) spread spectrum, kojim se deli frekventni opseg u određeni broj kanala. Tokom konekcije, uređaji menjaju frekvenciju (hop) sa jednog na drugi kanal 1600 puta u sekundi
- ✦ **Propusni opseg 1-2 Mbs/s** (GPRS je ~50kbits/s)
- ✦ Podržava do 8 uređaja u **piconet**
- ✦ Više piconet-a čini **scatternet**
- ✦ Ugrađena sigurnost
- ✦ Ne zahteva optičku vidljivost (*line-of-sight*) za prenos signala, tako da prolazi kroz zidove i druge prepreke
- ✦ Laka integracija sa TCP/IP za umrežavanje.



# Bluetooth aplikacije

- Slušalice za mobilne telefone
- Povezivanje periferija: miša, tastature, štampača
- Kontroleri i joystici za igre
- Transfer datoteka između mobilnih uređaja, ili mobilnih i stacionarnih računara
- Daljinska kontrola i upravljanje uređajima
- ...



# Bluetooth Low Energy v.4.0

- ✿ Radio frekvencija: 2.4GHz ISM band sa 40 kanala na 2MHz razmaka
- ✿ Propusni opseg: 1Mbit/s using GFSK modulation
- ✿ Koristi Adaptivni frequency hopping sa manjom brzinom promene frekvencije
- ✿ 4 osnovna moda rada BLE uređaja
  - ✦ *Master* device mode, *Slave* device mode, *Advertising* mode, *Scanning* mode
- ✿ Dve vrste paketa: *Data* paket i *Advertise* paket sa varijabilnom dužinom





# Bluetooth Low Energy v.4.0

- ❁ BLE 4.0 je projektovan za periodično slanje kratkih podataka
- ❁ Aplikacioni profili su zasnovani na *Generic Attribute Profile* (GATT) – generalna specifikacija za slanje i prijem kratkih delova podataka koji se nazivaju atributi preko linka sa malim utroškom energije:
  - ❁ *Health care* profil
  - ❁ *Sports & fitness* profil
  - ❁ *Proximity sensing*
  - ❁ *Alerts & time* profil



# Bluetooth vs. Bluetooth LE

Technical Specification	Classic Bluetooth	Bluetooth low energy
Distance/Range (theoretical max.)	100 m (330 ft)	50 m (160 ft)
Over the air data rate	1–3 Mbit/s	1 Mbit/s
Application throughput	0.7–2.1 Mbit/s	0.27 Mbit/s
Active slaves	7	Not defined; implementation dependent
Security	56/128-bit and application layer user defined	128-bit AES with Counter Mode CBC-MAC and application layer user defined
Robustness	Adaptive fast frequency hopping, FEC, fast ACK	Adaptive frequency hopping, Lazy Acknowledgement, 24-bit CRC, 32-bit Message Integrity Check
Latency (from a non-connected state)	Typically 100 ms	6 ms
Total time to send data (det.battery life)	100 ms	3 ms , <3 ms
Voice capable	Yes	No
Network topology	Scatternet	Scatternet
Power consumption	1 as the reference	0.01 to 0.5 (depending on use case)
Peak current consumption	<30 mA	<15 mA
Service discovery	Yes	Yes
Profile concept	Yes	Yes
Primary use cases	Mobile phones, gaming, headsets, stereo audio streaming, automotive, PCs, security, proximity, healthcare, sports & fitness, etc.	Mobile phones, gaming, PCs, watches, sports and fitness, healthcare, security & proximity, automotive, home electronics, automation, Industrial, etc.



# Uporedni pregled WPAN

<b>STANDARD</b>	<b>FREKVENCIJA</b>	<b>PROPUSNI OPSEG</b>	<b>OPTIMALNI RADNI DOMET</b>	<b>DETALJI OD INTERESA</b>
IrDA	875nm wavelength	9600 bps - 4 Mbps. U budućnosti do 15 Mbps	1-2 metara	Zahteva optičku vidljivost
Bluetooth	2.4 GHz	v1.1: 720 Kbps; v2.0: 10 Mbps v3.0: 24Mbps	10 metara do 100 metara	Automatsko otkrivanje uređaja; komunikacija i kroz fizičke barijere i prepreke.
IEEE 802.15	2.4 GHz	802.15.1: 1 Mbps 802.15.3: 20+ Mbps	10 metara do 100 metara	Koristi Bluetooth kao osnovu; koegzistencija sa 802.11 uređajima (WLAN).

# ZigBee

## ✚ cilj

- ✚ Bežični standard za senzorske i kontrolne aplikacije
- ✚ Visoko pouzdan i siguran; interoperabilan
- ✚ Započet 1999 godine, a završen (verzija 1.0) krajem 2004

## ✚ **ZigBee (IEEE 802.15.4: WPAN manjeg propusnog opsega)**

- ✚ Ekstremno niska potrošnja snage
- ✚ Propusni opseg maksimalno 250 Kbps
- ✚ Senzori, interaktivne igračke, pametni bedževi, daljinska kontrola, pametne kuće (*home automation*)
- ✚ Protokol rutiranja: AODV

ZigBee	Bluetooth
Manji paketi preko većih mreža: $2^{16}$	Veći paketi preko manjih mreža: 8
Mali memorijski zahtevi: 4-32KB	Veći memorijski zahtevi: 250KB
Brzo priključenje mreži: milisekunde	Sporije priključenje mreži: sekunde
Veoma niska cena: manje od 1\$	Kompleksan dizajn
Mali propusni opseg: 20-250Kbps	Srednji propusni opseg: 1Mbps
Srednji domet: 10-100m	Srednji domet: 10- 100,
Trajanje baterije: više godina	Trajanje baterije: nekoliko dana



## Home Heartbeat





# Ultra Wide Band

## ✿ UWB karakteristike

- ✦ Mogući naslednik Bluetooth-a za prenos podataka velikom brzinom (veliki propusni opseg) u bliskom dometu
- ✦ Sigurnost veća u odnosu na Bluetooth (svaki uređaj ima jedinstveni ID)
- ✦ Radi na frekventnom opsegu 3.1–10.6 GHz
- ✦ Radio signalom se prenosi 640 Mbps, ali maksimalni brzina prenosa je 480 Mbps zbog korekcija grešaka u prenosu

## ✿ Aplikacije

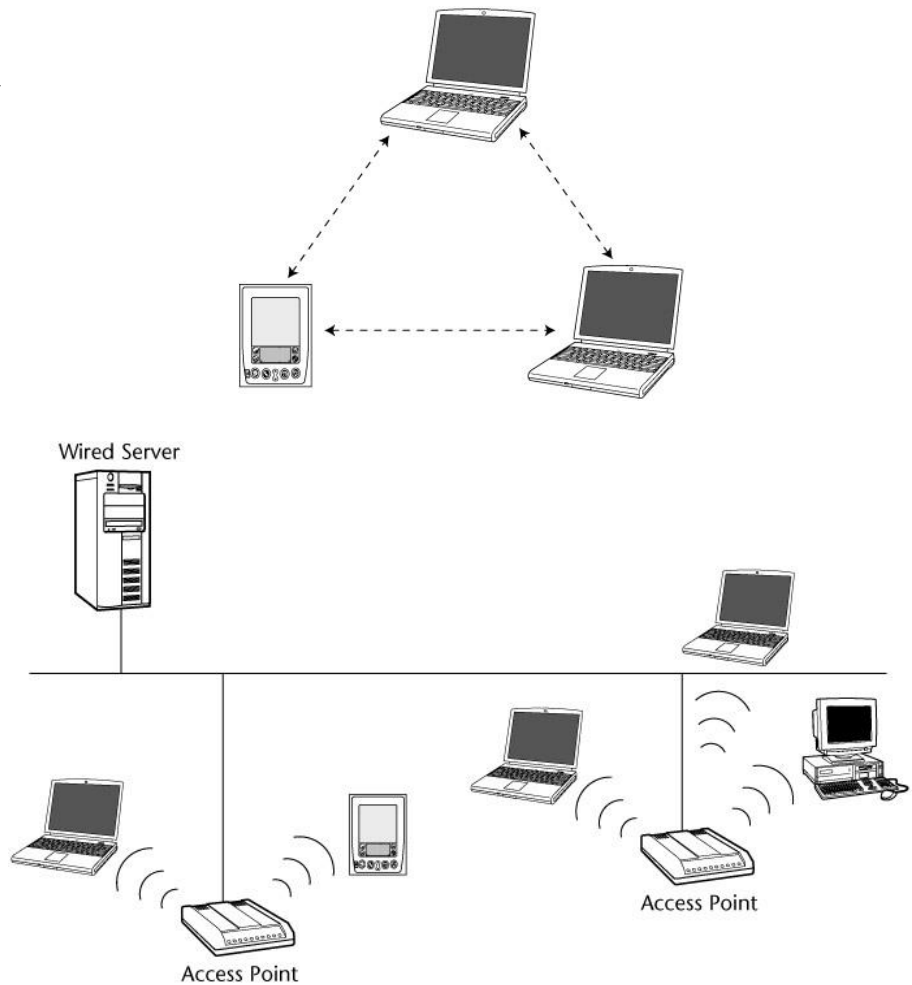
- ✦ Prenos video podataka na kratkim rastojanjima, npr. od kamere do PC ili televizora
- ✦ Bežično štampanje ili bežično povezivanje monitora
- ✦ Senzorske aplikacije
- ✦ Sistem za precizno lociranje i praćenje u realnom vremenu
- ✦ Precizna tehnologija radarskih slika, kojom se “vidi” kroz zidove i druge prepreke

# Wireless LAN

- ✿ **Opseg/pokrivenost** – Opseg WLAN je od 50 do 150 metara.
- ✿ **Propusni opseg** – Brzina prenosa podataka je u opsegu od 1 Mbps - 54 Mbps - 600Mbps.
- ✿ **Interferencija** – Neki od WLAN standarda podložni su interferenciji sa elektromagnetnim signalima kućne elektronike ili drugih tehnologija bežičnih mreža.
- ✿ **Potrošnja snage** – Potrošnja snage od strane bežičnog adaptera se razlikuje od proizvođača do proizvođača, u zavisnosti od standarda koji implementiraju
- ✿ **Troškovi** – Cena WLAN infrastrukture zavisi u velikoj meri od zahteva i primene mreže, kao i od standarda koji je implementiran

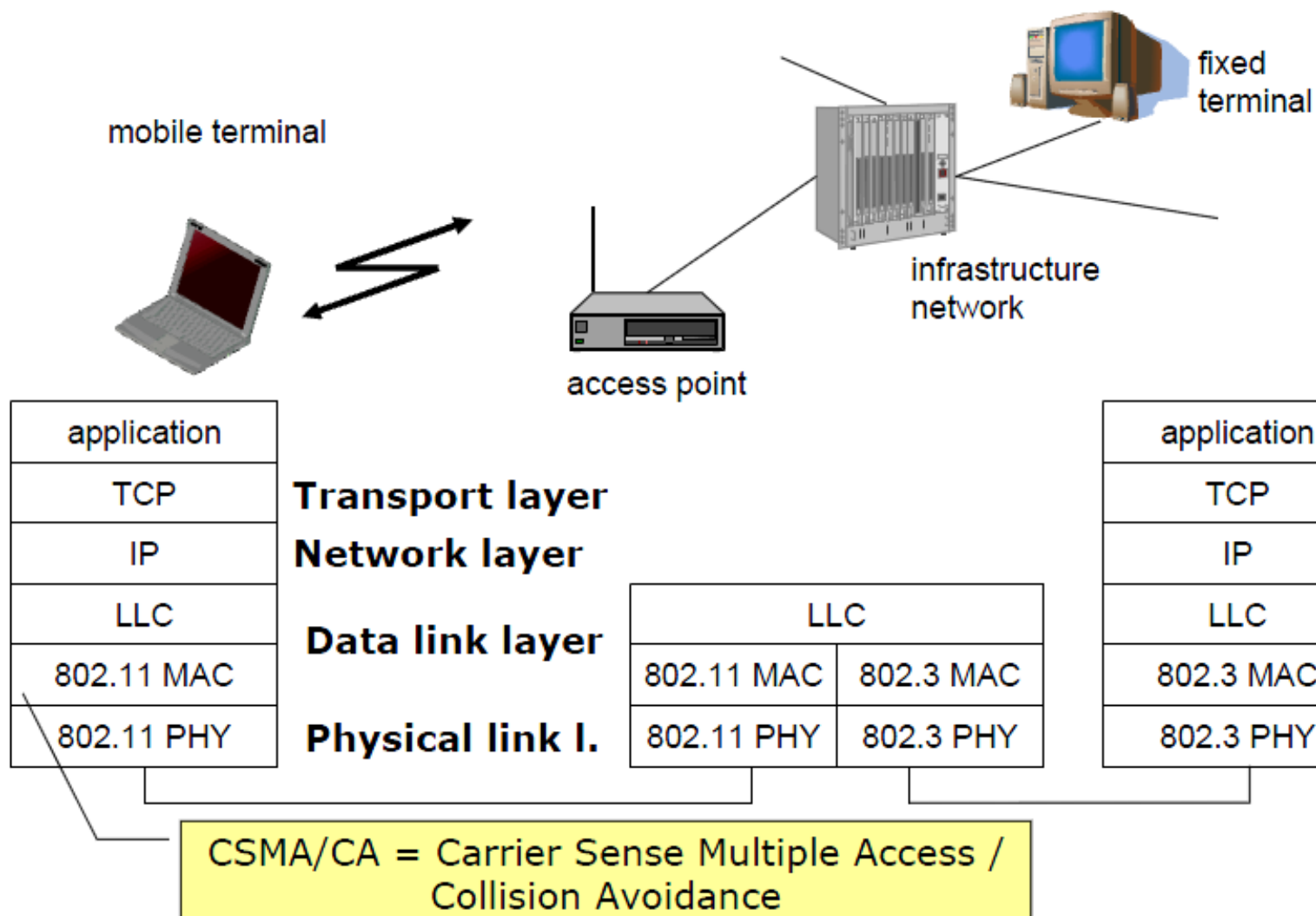
# WLAN konfiguracije

- ✦ Najjednostavnija WLAN je *peer-to-peer* konfiguracija dva ili više uređaja opremljenih bežičnim adapterima
- ✦ Ove mreže mogu biti proširene dodavanjem *wireless access point*-a (*wireless router*).
- ✦ *Access point* funkcioniše kao repetitor između uređaja, povećavajući opseg mreže.
- ✦ Takođe, *access point* može da obezbedi i konekciju na fiksnu mrežu, omogućavajući bežičnim korisnicima pristup i deljenje resursa u fiksnoj mreži.





# IEEE standard 802.11





# WLAN standardi

- ✿ 802.11
  - ✦ Definisan 1997
  - ✦ Koristi nelicencirani frekventni opseg 2.4 GHz
  - ✦ Tehnike frekventne modulacije : FHSS and DSSS.
- ✿ 802.11b/Wi-Fi
  - ✦ Definisan 1999
  - ✦ Zasnovan na DSSS verziji 802.11, korišćenjem 2.4 GHz frekventnog opsega
- ✿ 802.11a alternativa 802.11b sa povećanom brzinom prenosa, do 54Mbps, u frekventnom opsegu 5 GHz
- ✿ 802.11g
  - ✦ Obezbeđuje veliku brzinu prenosa u frekventnom opsegu 2.4 GHz, održavajući kompatibilnost sa 802.11b.
- ✿ 802.11n
  - ✿ Unapređenje 802.11 standarda - 2009, frekventni opseg 5 GHz i/ili 2.4 GHz, brzina prenosa 54 Mbps - 600 Mbps (4 stream-a) ~50 -125m
- ✿ Ostali IEEE 802.11 standardi
  - ✦ IEEE 802.11 h, i, j, p, ...
- ✿ Novi standardi: 802.11 ac, 802.11 ad, 802.11af, ...



# Uporedni pregled WLAN

<b>STANDARD</b>	<b>FREKV.</b>	<b>PROPUSNI OPSEG</b>	<b>DOMET</b>	<b>DETALJI OD INTERESA</b>
802.11	2.4 GHz	1–2 Mbps	100 metara	Prva odobrena specifikacija 802.11 familije.
802.11a	5 GHz	54 Mbps	50 metara	Koristi OFDM modulaciju u cilju postizanja velike brzine prenosa podataka; prvi komercijalni proizvodi dostupni od 2002.
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	100 metara	Najveći tržišni uspeh , sa komercijalnim proizvodima dostupnim od 1999.
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	100 metara	Odobren od strane IEEE-SA u jesen 2002. Kompatibilan sa 802.11b.
802.11n	2.4/5 GHz	-600 Mbps	100 metara	IEEE 802.11n-2009 publikovan oktobra 2009
HomeRF	2.4 GHz	10 Mbps	50 metara	HomeRF nije postigao komercijalni uspeh.
HIPERLAN/1	5 GHz	Teoretski 20 Mbps	-	HIPERLAN/1 nije postigao komercijalni uspeh
HIPERLAN/2	5 GHz	54 Mbps	150 metara	Razvijen sa ciljem integracije sa ostalim mrežama, uključujući i fiksni LAN, IEEE 1394 (Firewire), i 3G mobilnim mrežama. Mala verovatnoća za komercijalni uspeh.

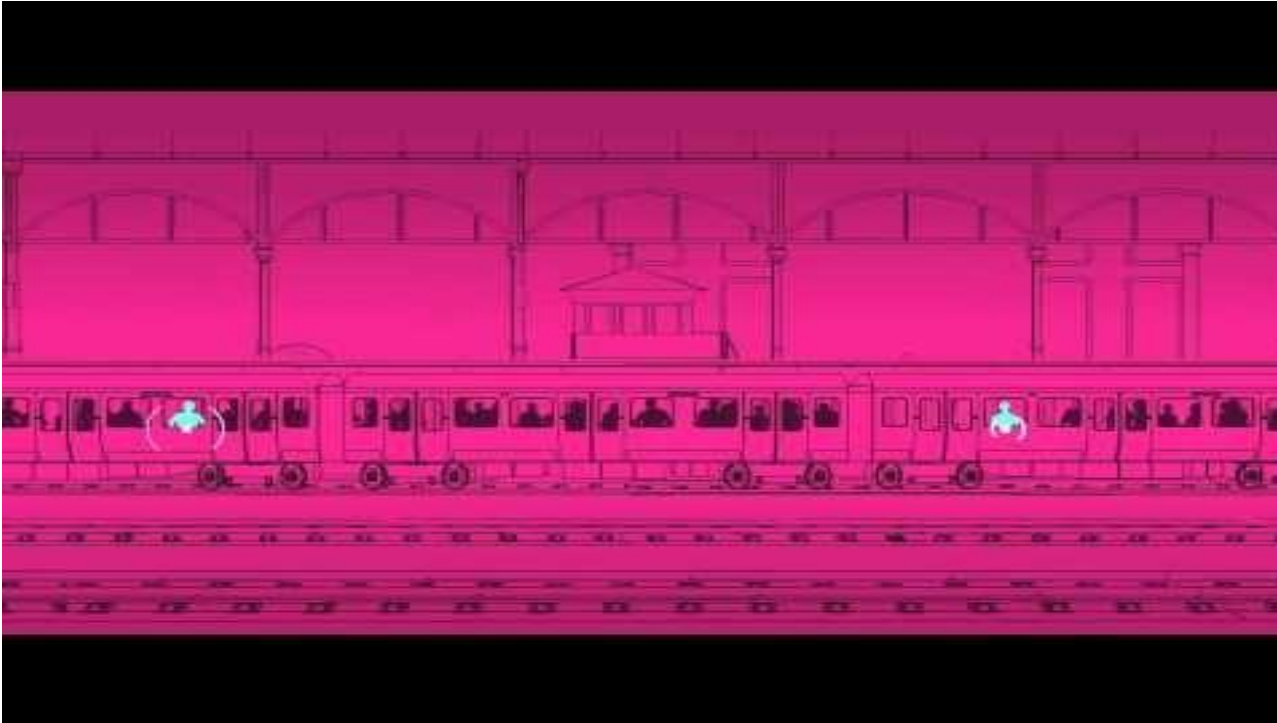


# Mobilne peer-to-peer mreže

- ❁ Wi-Fi Direct – <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-direct>
  - ❁ Omogućava peer-to-peer Wi-Fi uređaja
  - ❁ <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/wifip2p>
- ❁ Wi-Fi Aware - <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-aware>
  - ❁ Omogućava kontinualno otkrivanje, povezivanje i razmenu podataka sa drugim WiFi uređajima bez klasične mrežne infrastrukture
  - ❁ Omogućava bidirekcionu razmenu malih delova informacija, na primer, lokacionih podataka, očitavanja sa senzora i servisa u blizini.
  - ❁ Aplikacije mogu lako da pređu na klasičnu Wi-Fi konekciju da bi koristile veći propusni opseg.
  - ❁ Očekuje se da bude glavna komponenta za personalizovano socijalno, lokalno i mobilno iskustvo, omogućavajući korisnicima pronalaženje partnera za mobilne igre, deljenje multimedijalnih sadržaja i pristup lokalizovanim informacijama
  - ❁ Podržan od Android 8.0 (API Level 26)
    - <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/wifi-aware>

# Wi-Fi Aware

Wi-Fi Aware™: Discover the world nearby



<https://www.youtube.com/watch?v=xwSYPqghTsQ&feature=youtu.be>

<https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/wifi-aware.html>

# Mobilne ad-hoc mreže (MANET)

## ✿ Bez infrastrukture

- ✦ U slučaju katastrofa i nepogoda, u ruralnim područjima, senzorskim mrežama
- ✦ Redukovani troškovi (nije neophodan provajder servisa)

## ✿ Komunikacija

- ✦ Neophodni su multi-hop protokoli
- ✦ Konekcije između mobilnih uređaja se mogu brzo menjati, sa kretanjem mobilnih korisnika
- ✦ Neophodni su odgovarajući protokoli za rutiranje

## ✿ **Commotion Wireless** - *open-source* decentralizovana bežična *mesh* mreža – MANET

- ✦ New York - USA Hurricane Sandy 2012
- ✦ Arapsko proleće



# WWAN (Celularne mreže)

## ❖ **1 generacija**

- ❖ Analogna, komutacija kola (circuit-switched) (AMPS, TACS)

## ❖ **2G**

- ❖ Digitalna, komutacija kola (GSM) 10 Kbps

## ❖ **Napredna 2G**

- ❖ Digitalna, komutacija kola (HSCSD High-Speed Circuit Switched Data), Internet (WAP)
- ❖ 10 Kbps

## ❖ **2.5**

- ❖ Digitalna, komutacija paketa (packet-switched), TDMA (GPRS, EDGE)
- ❖ 40 - 400 Kbps

## ❖ **3G**

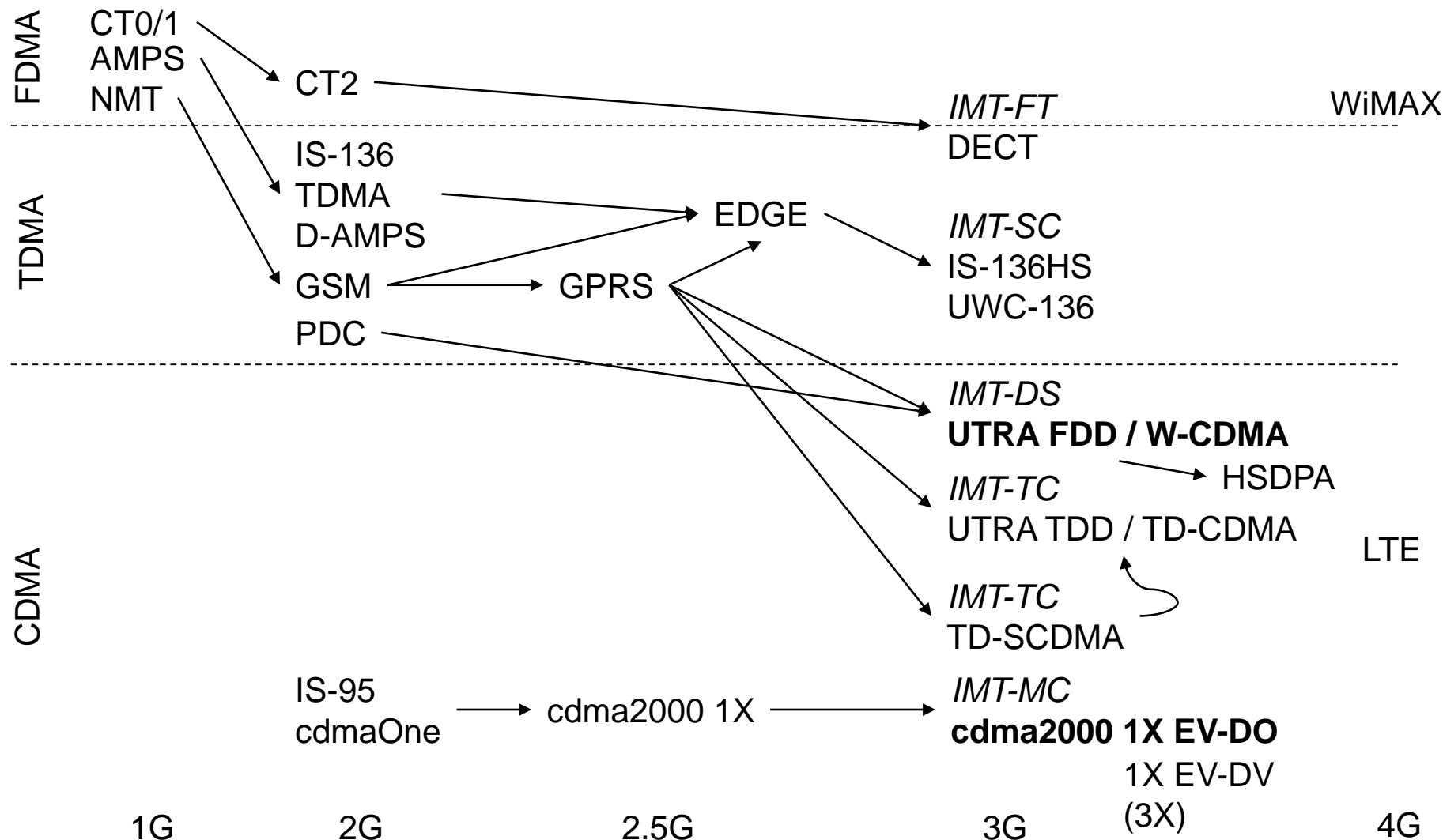
- ❖ Digitalna, komutacija paketa, W-CDMA (UMTS), HSDPA
- ❖ 2 Mbps – 14 Mbps

## ❖ **4G** (100 Mbit/s - 1 Gbit/s)

- ❖ Long Term Evolution (LTE), LTE Advanced
- ❖ WiMAX (IEEE 802.16), WiMAX rel2



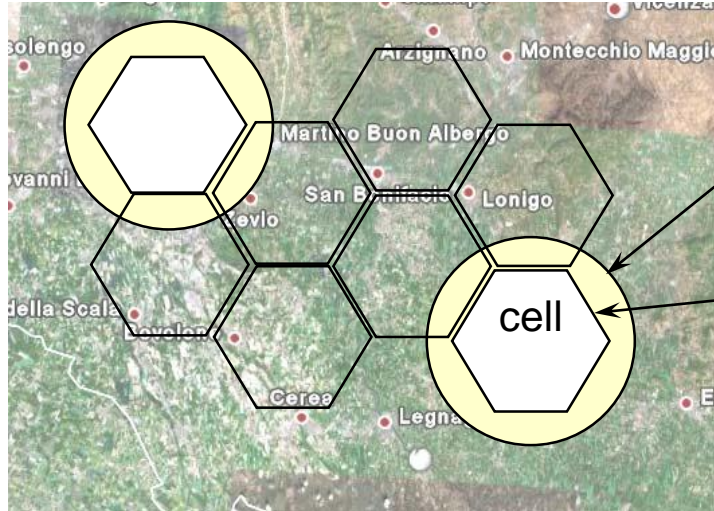
# Generacije celularnih bežičnih mreža





# Ćelijska struktura

- Prostor je podeljen u ćelije

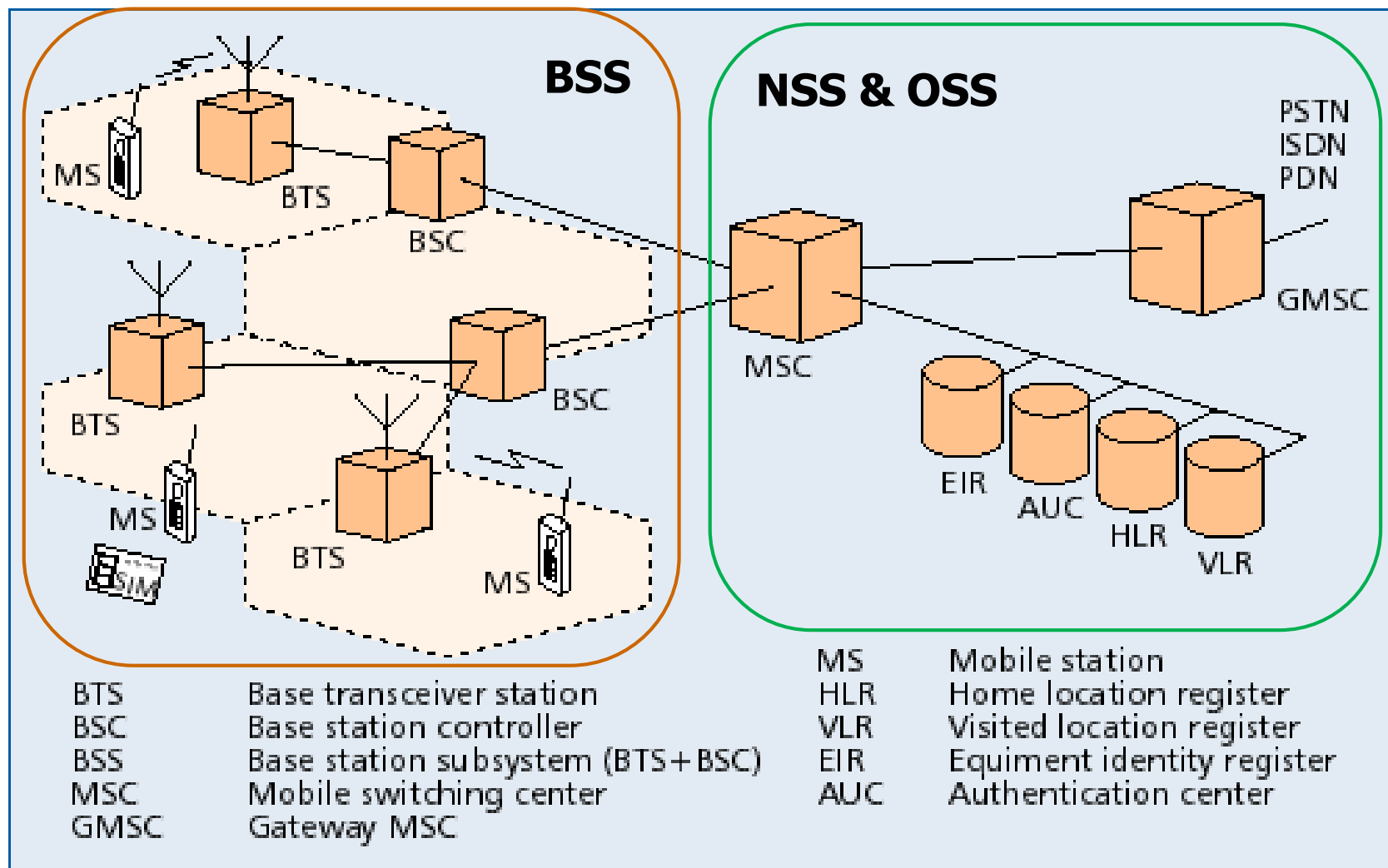


moguća radio pokrivenost ćelije

idealizovan oblik ćelije

- Koristi nekoliko nosećih frekvencija, pri čemu te frekvencije nisu iste u susednim ćelijama
- Veličina ćelija varira od 100 m do 35 km u zavisnosti od gustine naseljenosti, karakteristika područja, snage *transceiver*-a, itd.
- Ukoliko mobilni korisnik promeni ćeliju - *handover* (hand-off)
- Ukoliko korisnik pređe u ćeliju koju pokriva drugi operater - *roaming*

# Arhitektura GSM sistema





# Arhitektura GSM sistema (2)

## ❁ Komponente

- ❁ MS - mobilni telefon
- ❁ BTS - bazna stanica
- ❁ BSC – kontroler bazne stanice pokriva više (10-100) bliskih BTS
- ❁ MSC – podržava *circuit-switched* komunikaciju i mobilnost korisnika
- ❁ GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*) – *komunikacija sa fiksnom komunikacionom mrežom*
- ❁ HLR – baza podataka svih korisnika mreže mobilnog operatera
- ❁ VLR – privremene baze podataka sa podacima o korisnicima koje pokriva određeni MSC

## ❁ Podsistemi

- ❁ BSS (*Base Station Subsystem*): Upravlja komunikacijom i razmenom signala između mobilnih telefona i NSS
- ❁ NSS (*Network Switching Subsystem*): prosleđivanje poziva, *handover, switching*, itd.
- ❁ OSS (*Operation Subsystem*): upravljanje mrežom



# 2.5G aplikacije

- ✿ Pristup Web-u i Web aplikacijama
- ✿ Pristup email-u, kalendaru aktivnosti, listi kontakata, itd.
- ✿ Razmena poruka - *Instant messaging*
- ✿ Pristup audio i video materijalu
- ✿ Pozicioniranje mobilnih uređaja
- ✿ Lokaciono-zasnovani servisi (*location-based services*)
- ✿ Daljinski pristup LAN
- ✿ Deljenje i razmena datoteka
- ✿ ...

# 3G

- ✿ Bežične mreže treće generacije (3G) su započete sa vizijom da se razvije jedinstveni globalni standard za servise koji podrazumevaju veliku brzinu prenosa podataka i visok kvalitet govora
  - ✦ Third-Generation Partnership Project (3GPP) grupa
- ✿ Razvijene su tri grane 3G sistema u svetu
  - ✦ Wideband CDMA (WCDMA), CDMA2000, i Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE).
  - ✦ U Evropi, 3G sistemi se često označavaju kao UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) pre nego WCDMA
- ✿ Dve glavne karakteristike karakterišu 3G mreže:
  - ✦ **Velika brzina prenosa podataka, od** 144 Kbps do 2 Mbps, u zavisnosti od stepena mobilnosti korisnika:
    - *Visoka mobilnost*: 144 Kbps za korisnike na otvorenom, ruralnom području.
    - *Puna mobilnost*: 384 Kbps za korisnike koji se kreću brzinama manjim od 120 km/h u urbanim područjima.
    - *Ograničena mobilnost*: 2 Mbps za korisnike koji se kreću brzinama manjim od 10 km/h.
  - ✦ **Povećanje kvaliteta usluga** (QoS) – određena brzina prenosa podataka i vreme za pristup mreži (*latency*)



# 3G aplikacije

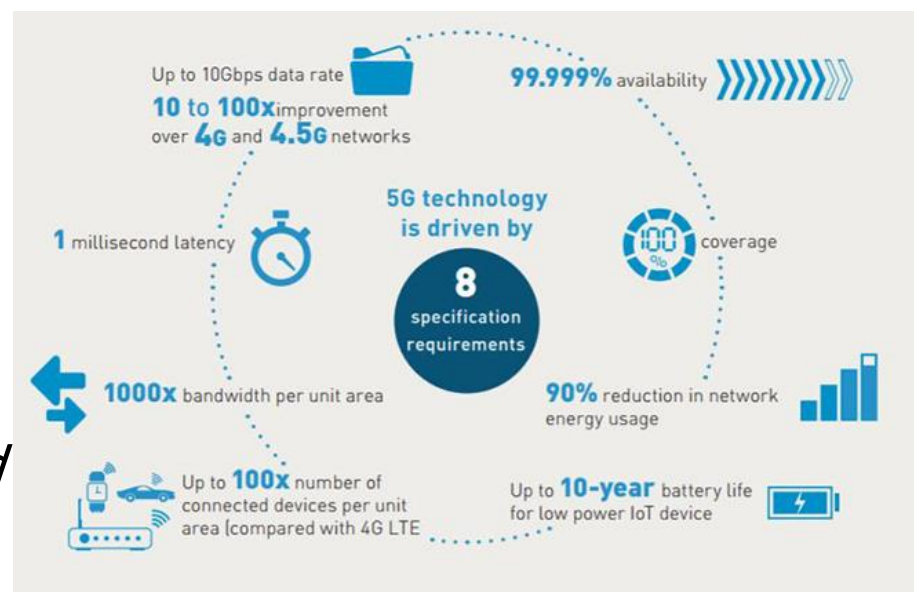
- ✿ *Streaming* video aplikacije
- ✿ Download audio sadržaja, poput MP3
- ✿ Over-the-air download softvera
- ✿ Kolaboracija ( *Workplace collaboration* )
- ✿ Voice-over-IP (VoIP)
- ✿ Lokaciono-zasnovani ( *location-based* ) i kontekstno-svesni ( *context-aware* ) servisi
- ✿ Multimedia *messaging* servisi
- ✿ Podrška za pristup mail-u i prijem/slanje različitih attachment-a
- ✿ Mobilne igre
- ✿ Mobilna trgovina i plaćanje
- ✿ ...

# 4G

- ✿ Predstavlja novu generaciju bežičnih komunikacija
- ✿ Poptuno IP-zasnovan integrisani sistem
- ✿ Očekuje se brzina prenosa između **100 Mbit/s** i **1 Gbit/s** u zatvorenom i na otvorenom prostoru, sa visokim kvalitetom i sigurnošću prenosa
- ✿ LTE (Long Term Evolution)
  - ✦ Prvi javno dostupan LTE servis obezbedila je TeliaSonera u Stokholmu i Oslu 14. decembra 2009
  - ✦ LTE predstavlja skup proširenja Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) koji je definisan u okviru 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Release 8
  - ✦ LTE Advanced
- ✿ WiMAX, WiMAX rel 2 (IEEE 802.16)

# 5G

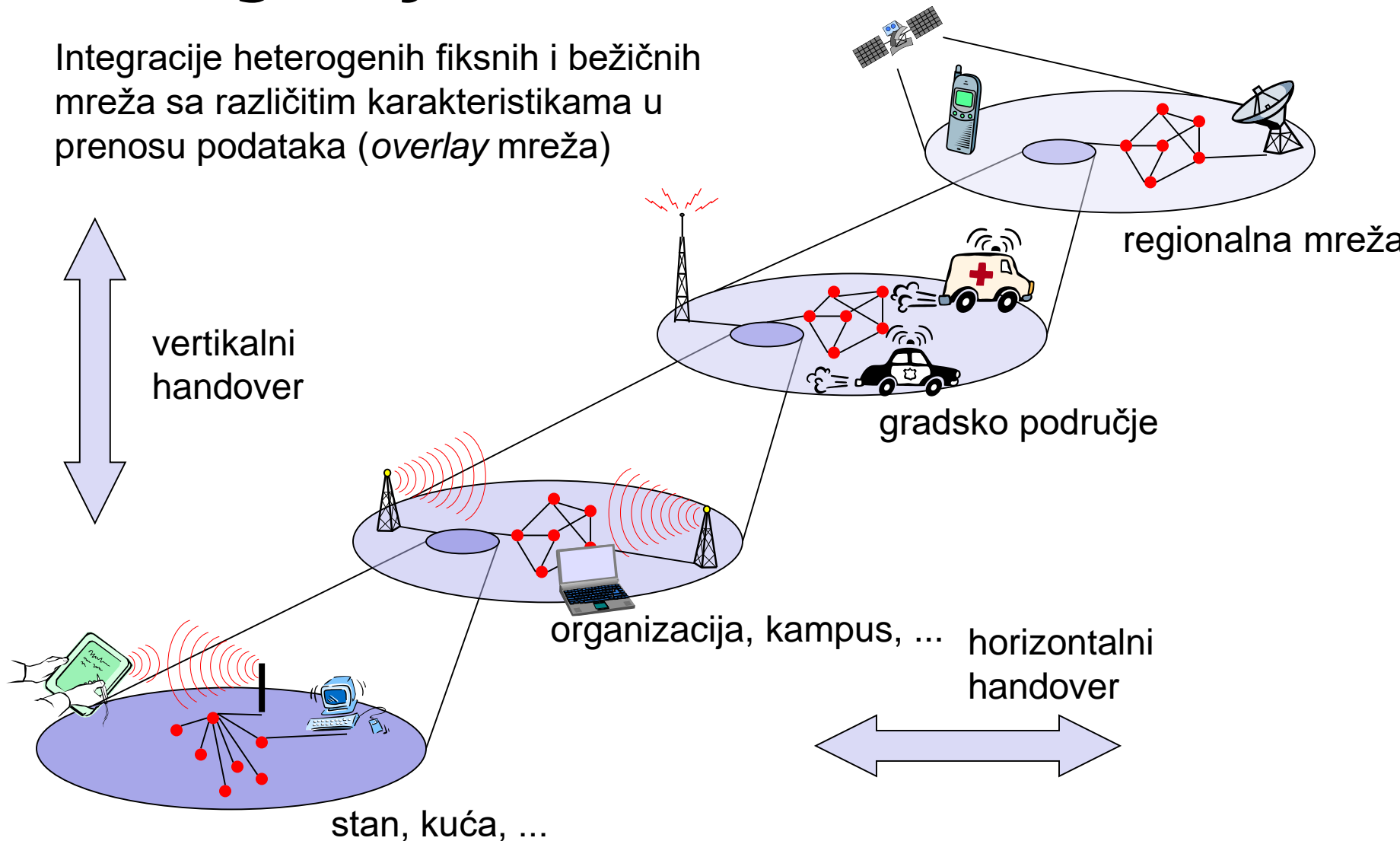
- 5-ta generacija mobilne mreže
- 5G aims at **higher capacity and data rate** than current 4G, **reduced latency**, **energy saving**, **cost reduction**, allowing a **higher density** of mobile broadband users, and supporting **device-to-device**, **ultra reliable**, and **massive device communications**.*
- Zahtevi/karakteristike
  - 28 GHz band - mmW spectrum
  - Brzina prenosa do 10-20 Gb/s
  - 1ms *latency*
  - 1000x bandwidth per unit area*
  - 90% reduction in energy usage
  - Up to 100x number of connected devices per unit area 4G LTE*
  - 100% coverage





# Integracija bežičnih mreža

Integracije heterogenih fiksni i bežičnih mreža sa različitim karakteristikama u prenosu podataka (*overlay mreža*)





# RFID (Radio Frequency IDentification)

## ✚ Komponente

### ✚ **Tag**

- Mikročip povezan sa antenom
- Može biti pasivan (bez baterije), aktivan (sa baterijom) ili poluaktivan (sa baterijom, ali zahteva inicijalno napajanje)

### ✚ **Čitač** (*Reader*)

- Ispituje tagove korišćenjem radio signala

## ✚ Funkcionisanje

- ✚ Čitač šalje radio signal kojim ispituje tagove
- ✚ RFID tag emituje svoj ID koji čitač detektuje
- ✚ Lokacija taga se može odrediti merenjem vremena prostiranja signala

## ✚ Karakteristike

- ✚ Nije neophodna optička vidljivost (*line-of-sight*) - nasuprot barkodovima (domet do 3m za pasivne i do 100m za aktivne tagove)
- ✚ Otporan na uslove okruženja: smrzavanje, toplota, prljavština, pod vodom ...
- ✚ RFID tagovi sa *read & write* memorijom (EEPROM)
- ✚ Aktivni tagovi mogu da se integrišu sa senzorima

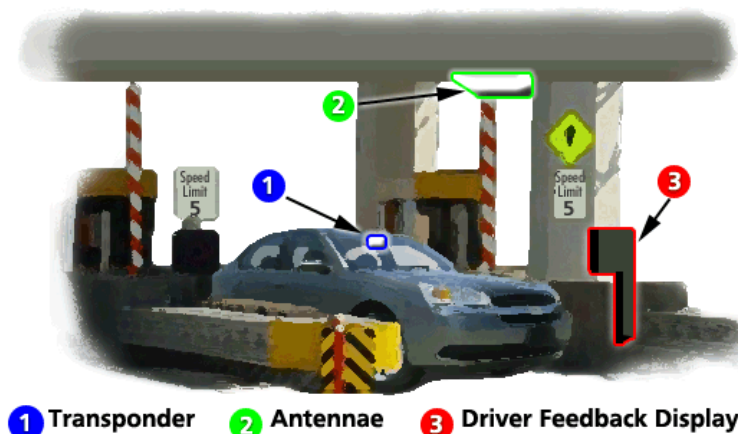


# RFID tehničke karakteristike

- ✿ Brzina prenosa: 9.6 –115 kbit/s
- ✿ Uređaji
  - ✦ Čitač: simultano detektuje do 256 tagova, skenirajući do 40 tagova u sekundi
  - ✦ Vreme odziva RFID taga je manje od 100 milisekundi
- ✿ ID taga
  - ✦ Tipično 64 ili 96 bitova
- ✿ RFID frekvencije
  - ✦ LF: low frequency (125 –134.2 kHz, 140 –148.5 kHz), domet čitanja do 30cm
  - ✦ HF: high frequency (13.56 MHz), domet čitanja do 1m
  - ✦ UHF: ultra-high frequency (868 –928 MHz), domet čitanja 3m (pasivni), 15m i više (aktivni)
  - ✦ Microwave UHF: (2.45GHz, 5.8GHz)
- ✿ Prednosti: veoma jeftini, bez potrebe održavanja, jednostavni za upravljanje, skeniranje moguće i pri velikim brzinama (300 km/h)
- ✿ Nedostatci: nije garantovan kvalitet servisa, samo pasivna akvizicija podataka (asimetrična komunikacija)

# RFID aplikacije

- ✿ E-pasoši
- ✿ Naplata troškova u transportu
- ✿ Naplata putarine
- ✿ RFID u vozilima za zaštitu od lopova, RFID u gumama (*Michelin*)
- ✿ Lanac nabavke (SCM) i upravljanje inventarom i resursima (ERP)
- ✿ Prevencija krađa
- ✿ Praćenje kretanja proizvoda i objekata
- ✿ Ljudski implantati za plaćanje u VIP klubovima, ili za identifikaciju pacijenata Alzheimer bolesti





# Pitanja i komentari

