

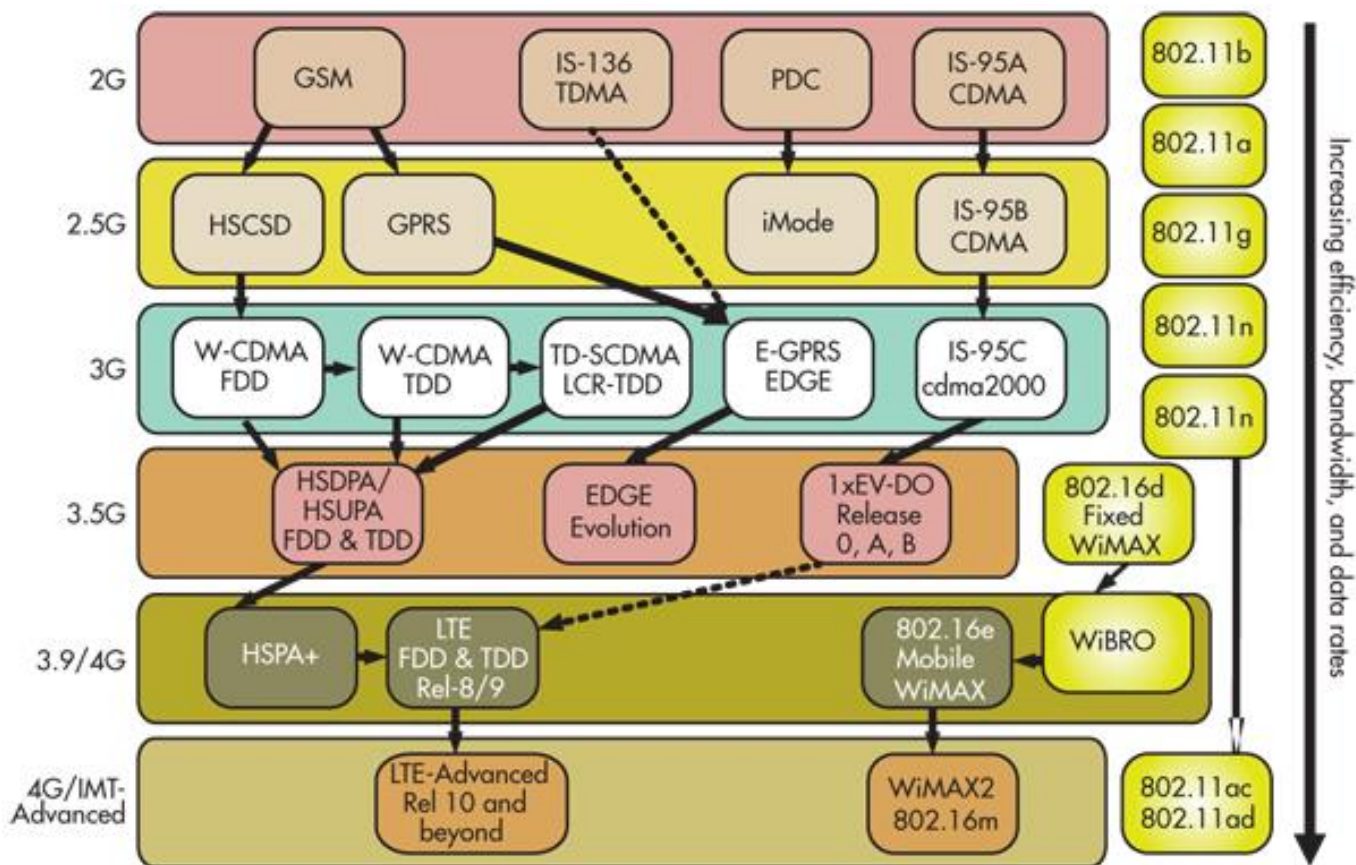


Razvoj mobilnih aplikacija i servisa

Mobilne i bežične mreže

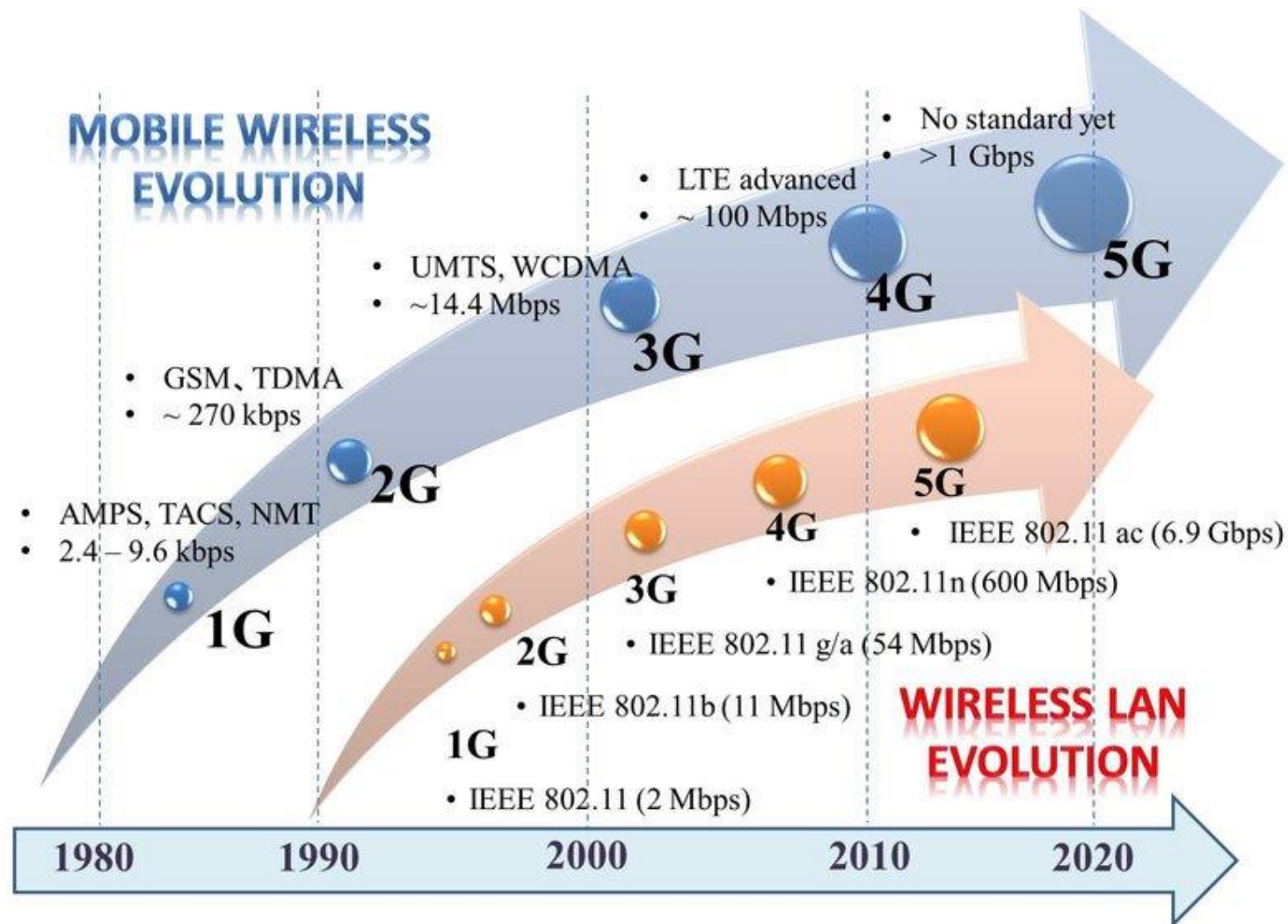
Katedra za Računarstvo
Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

Bežične mreže - istorijat

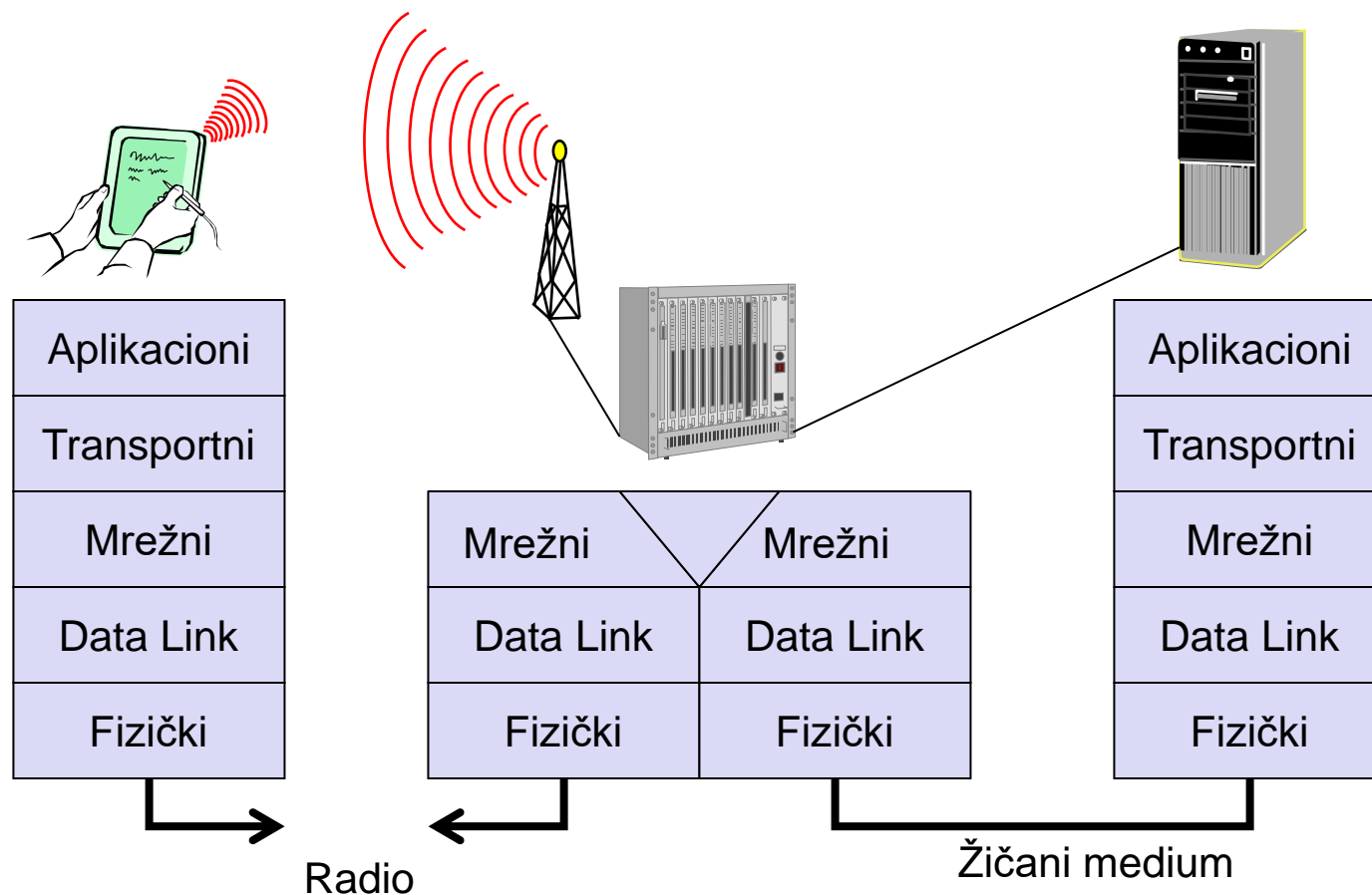


- 5G
- 6G
- ...

Evolucija bežičnih tehnologija



Jednostavni referentni model



Funkcije slojeva u bežičnoj mreži

- | | |
|----------------------------------|---|
| ➊ Aplikacioni sloj | <ul style="list-style-type: none">❑ lociranje servisa❑ nove aplikacije, multimedija, pristup WWW❑ adaptivne aplikacije |
| ➋ Transportni sloj | <ul style="list-style-type: none">❑ uspostavljanje <i>end-to-end</i> konekcije❑ kontrola toka i zagušenja, kvalitet servisa |
| ➌ Mrežni sloj | <ul style="list-style-type: none">❑ adresiranje, rutiranje paketa, lociranje uređaja❑ hand-over |
| ➍ Sloj veze (<i>Data link</i>) | <ul style="list-style-type: none">❑ autentikacija❑ kontrola pristupa medijumu❑ korekcija grešaka❑ multipleksiranje |
| ➎ Fizički sloj | <ul style="list-style-type: none">❑ konvertovanje niza bitova u signal❑ kriptovanje❑ modulacija❑ upravljanje interferencijom i slabljenjem❑ izbor frekvencije |



Bežične mreže

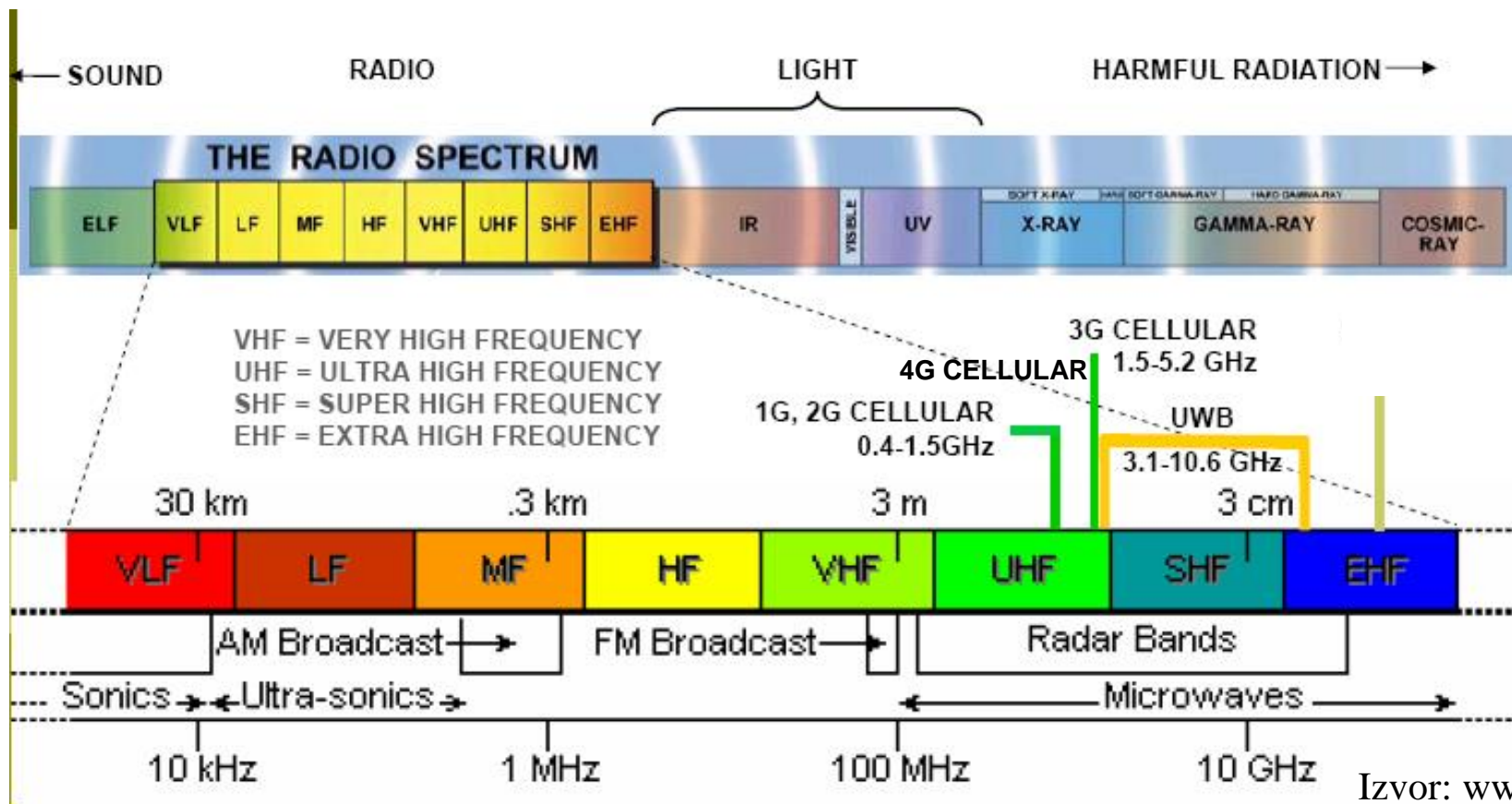
- ✿ Osnovna razlika bežične i žičane (fiksne) mreže je u **fizičkom sloju** i **sloju veze (*data link*)**
- ✿ Tehnologija žičanih mreža se zasniva na kablovima (optičkim ili bakarnim)
- ✿ Prenos podataka u bežičnim mrežama obavlja se korišćenjem elektromagnetskih talasa koji se prenose kroz prostor (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 vs 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 bezbednost** 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 (vazduh)**
 - ✚ Veoma važni mehanizmi za obezbeđenje bezbednosti pristupa

Elektromagnetni spektar



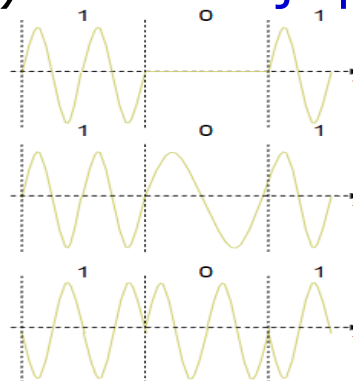
- ✦ $c = \lambda * f$ $c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \sim 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- ✦ ITU-R (*International Telecommunication Union – Radiocommunication*) upravlja korišćenjem frekventnih opsega širom sveta i održava aukcije za nove frekvencije

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*

Mobilne i bežične mreže

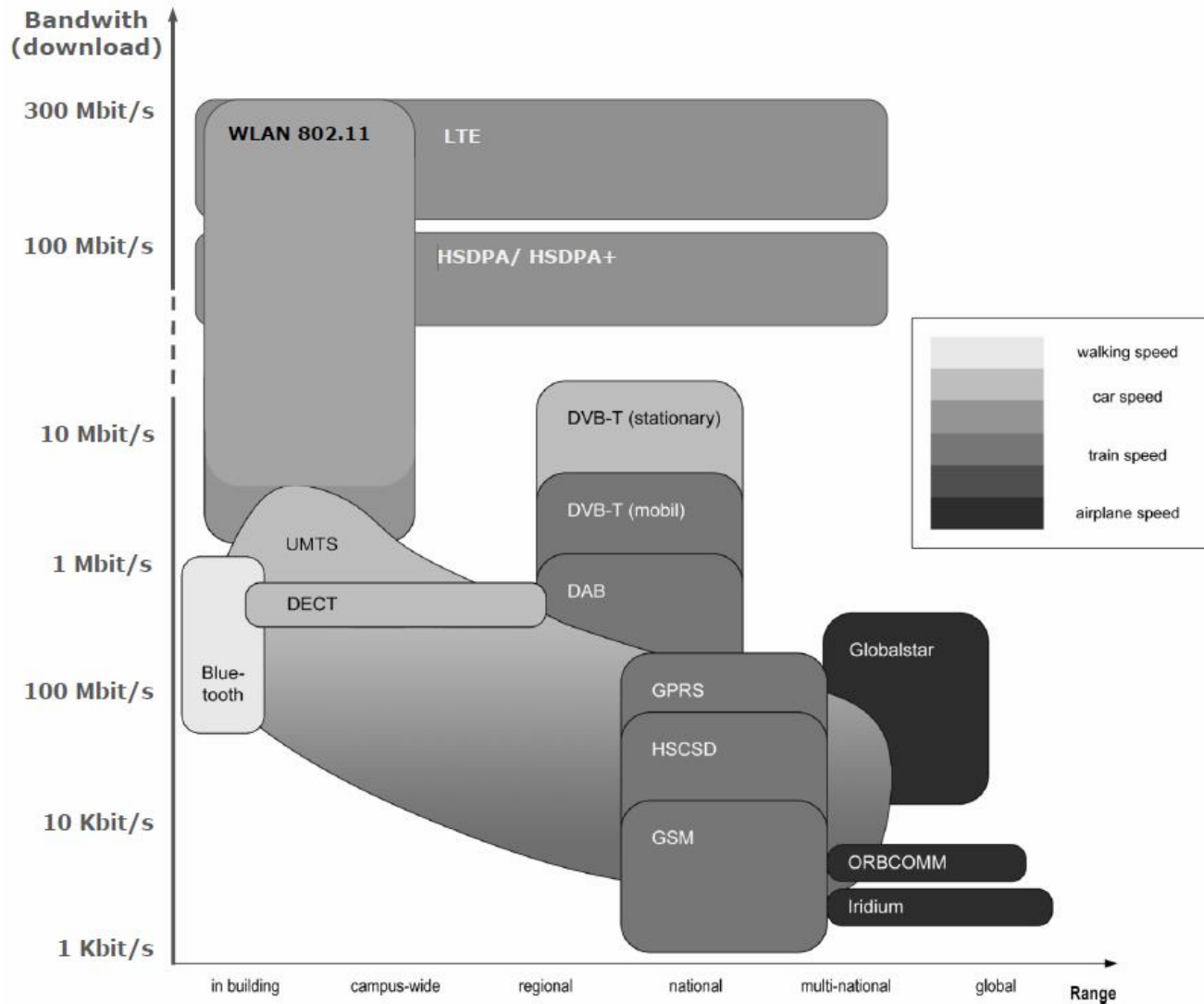


Klasifikacija bežičnih mreža

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, 4G, 5G
Satelitske mreže	Globalna pokrivenost	Proširenje WAN	Veoma visoki	2 Kbps-19.2 Kbps	TDMA, CDMA, FDMA



Propusni opseg/ Oblast pokrivenosti/ Brzina kretanja



Android Connectivity

- Connect your app to the outside world, whether it's through Bluetooth, Wi-Fi or cellular network, USB, or another standard protocol
- Android supports a variety of standard communication protocols
 - <https://developer.android.com/develop/connectivity/>
- Connectivity guides & APIs
 - <https://developer.android.com/develop/connectivity/overview>





WIRELESS PAN



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

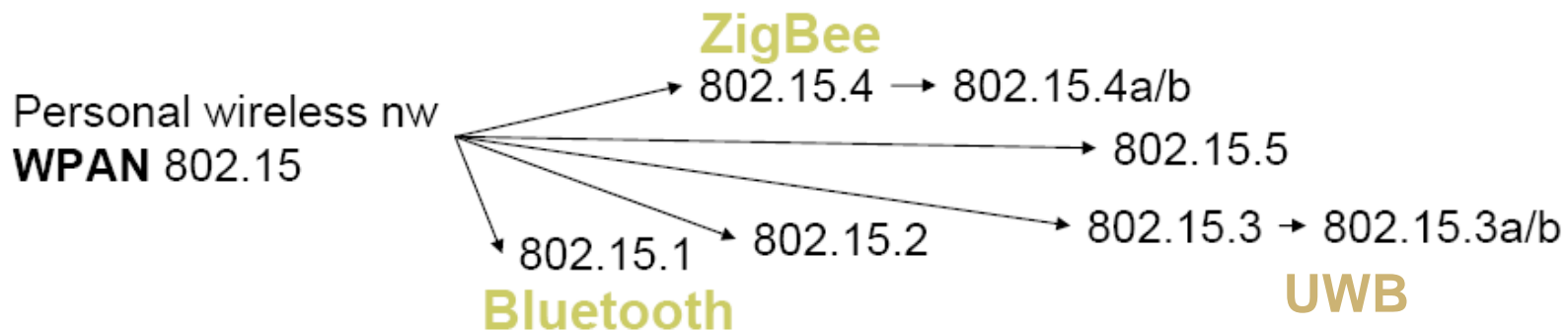
WPAN standardi

- ❑ IEEE 802.15
- ❑ 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 Low Energy (BLE)
- ❑ 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
- Android Bluetooth API
 - <https://developer.android.com/develop/connectivity/bluetooth>





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 (BLE) v5.4

- ✿ Radio frekvencija: 2.4GHz ISM band, 40 kanala na 2MHz razmaka
- ✿ Propusni opseg: 125Kb/s - 2Mbit/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*
- ✿ Komunikacija
 - ✦ *Point-to-point, Broadcast, Mesh*
- ✿ Pozicioniranje uređaja
 - ✦ *Presence, Distance, Direction*
- ✿ Dve vrste paketa: *Data* paket i *Advertise* paket sa varijabilnom dužinom



Bluetooth Low Energy v5.4



- ❖ BLE v5.4 je projektovan za periodično slanje kratkih podataka sa malim utroškom energije
- ❖ 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 BLE

The global standard for simple, secure device communication and positioning

Bluetooth® Classic


Solution Areas

AUDIO STREAMING


DATA TRANSFER

Device Communication



POINT-TO-POINT

Basic Rate/Enhanced Data Rate Radio






2.402-2.480 GHz ISM

SPECTRUM: 2.4 GHz ISM band
CHANNELS: 79 one MHz channel with Adaptive Frequency Hopping
BIT RATES: 1 Mb/s, 2 Mb/s, 3 Mb/s

Bluetooth® Low Energy

Solution Areas




AUDIO STREAMING

DATA TRANSFER

LOCATION SERVICES

DEVICE NETWORKS

Device Communication






POINT-TO-POINT

BROADCAST

MESH

Device Positioning






PRESENCE

DISTANCE

DIRECTION

Low Energy Radio



2.402-2.480 GHz ISM

SPECTRUM: 2.4 GHz ISM band
CHANNELS: 40 two MHz channel with Adaptive Frequency Hopping
BIT RATES: 125 Kb/s, 500 Kb/s, 1 Mb/s, 2 Mb/s



Bluetooth vs BLE

Technical Specifications	Bluetooth	Bluetooth Low Energy
Distance/Range (theoretical max.)	100 m (330 ft)	<100m
Over the air data rate	1–3 Mbit/s	125 Kb/s -2 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
Modulation	Adaptive fast frequency hopping (FHSS), FEC, fast ACK	Adaptive frequency hopping (FHSS), Lazy Acknowledgement, 24-bit CRC, 32-bit Message Integrity Check
Latency (from a non-connected state)	100 ms	6 ms
Total time to send data (det.battery life)	100 ms	3 ms , <3 ms
Voice capable	Yes	No
Communication topologies	Point-to-point (including piconet)	Point-to-point (piconet), broadcast, mesh
Power consumption	1 W as the reference	0.01 to 0.5 W (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.

Mobilne i bežične mreže



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



Mobilne i bežične mreže

Razvoj mobilnih aplikacija i servisa



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

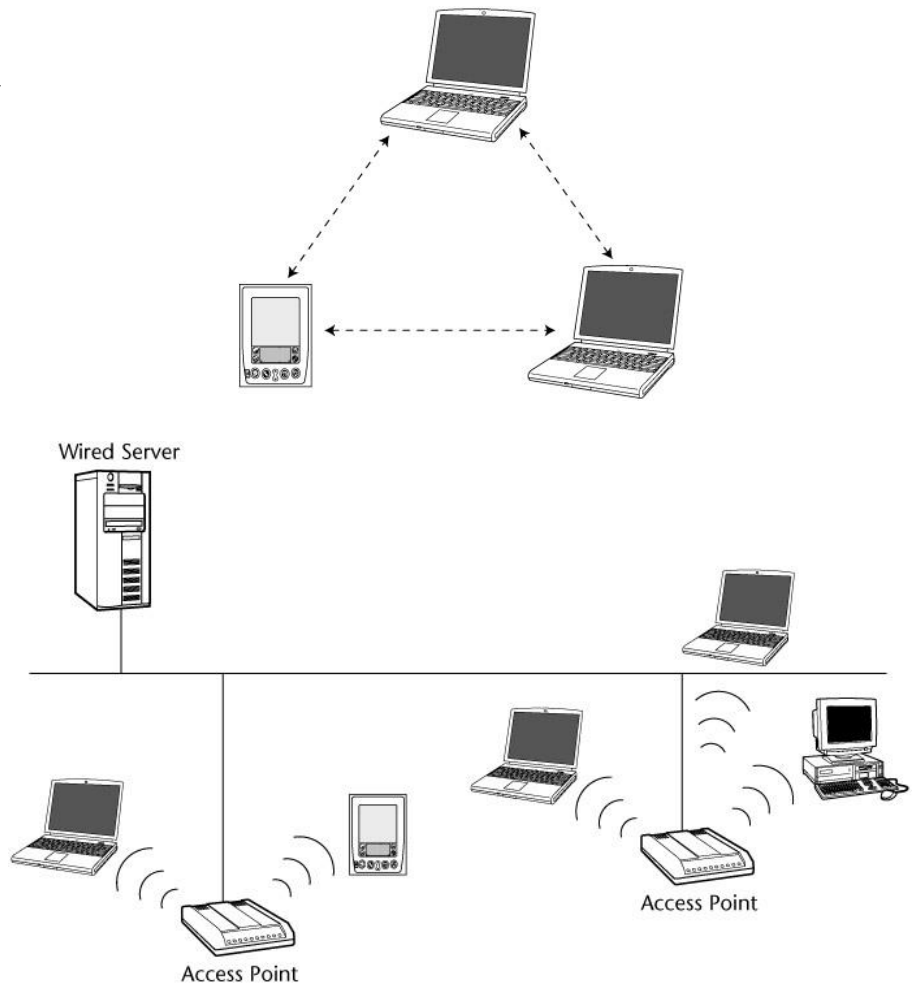


Wireless LAN – WiFi

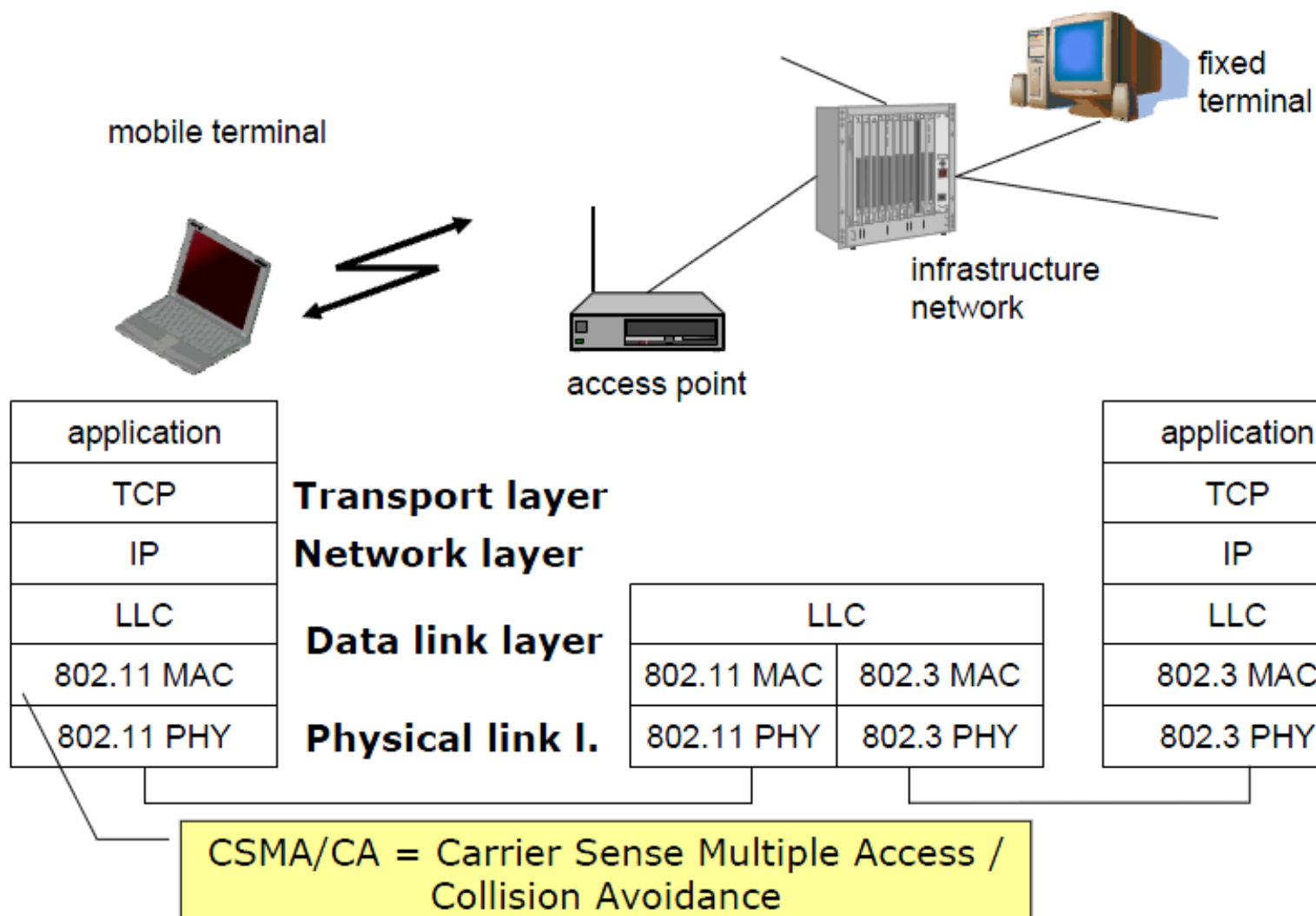
- ✿ **Opseg/pokrivenost** – Opseg WLAN je od 50 do 150 metara.
- ✿ **Propusni opseg** – Brzina prenosa podataka je u opsegu od 1 Mbps - 54 Mbps - 600Mbps - ...
- ✿ **Interferencija** – Neki od WLAN standarda podložni su interferenciji sa elektromagnetnim signalima kućne elektronike ili drugih tehnologija 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

IEEE 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 (WiFi 4)

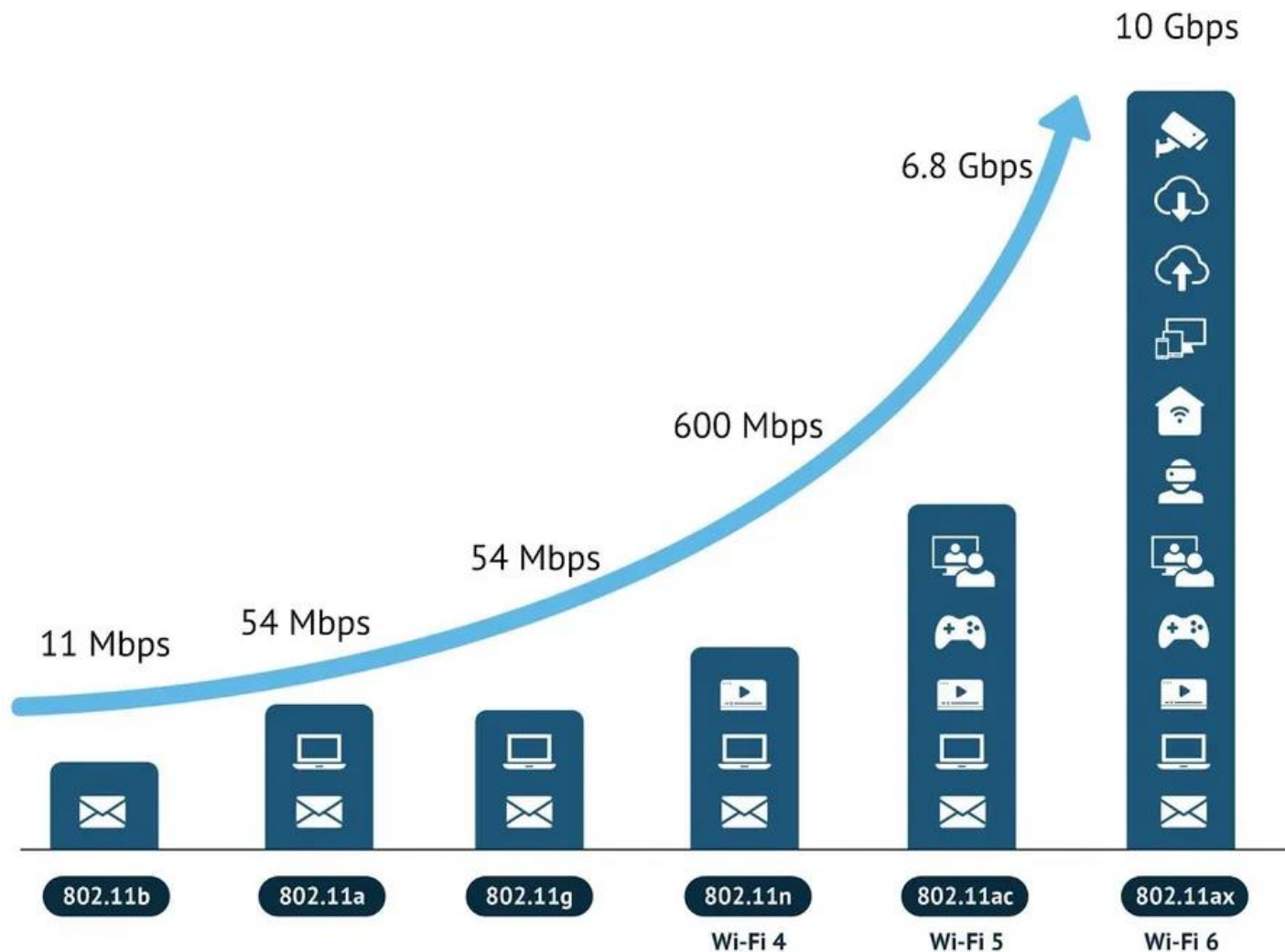
- Unapređenje 802.11 standarda - 2009, frekventni opseg 5 GHz i/ili 2.4 GHz, brzina prenosa 54 Mbps - 600 Mbps (4 stream-a) ~50 -125m

Ostali IEEE 802.11 standardi

- IEEE 802.11 h, i, j, p, ...

Novi standardi: 802.11ac (WiFi 5),..., 802.11ax (WiFi 6)

Evolucija Wi-Fi mreža





Uporedni pregled WLAN

STANDARD	FREKV	PROPUSNI OPSEG	DOMET	DETALJI OD INTERESA
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 (Wi-Fi 4)	2.4/5 GHz	54-600 Mbps	100m	IEEE 802.11n-2009 publikovan oktobra 2009
802.11p	5.9 GHz	27 Mbps	50-150m	Intelligent Transportation Systems (ITS)
802.11ac (Wi-Fi 5)	5 GHz	433Mbps – 6.3 Gbps	35-100m	Indoor
802.11ax (Wi-Fi 6)	2.4/5/6 GHz	3.5-14 Gbps	70-240m	High Efficiency Wi-Fi - enhancing throughput-per-area in high-density scenarios, such as corporate offices, shopping malls and dense residential apartments.



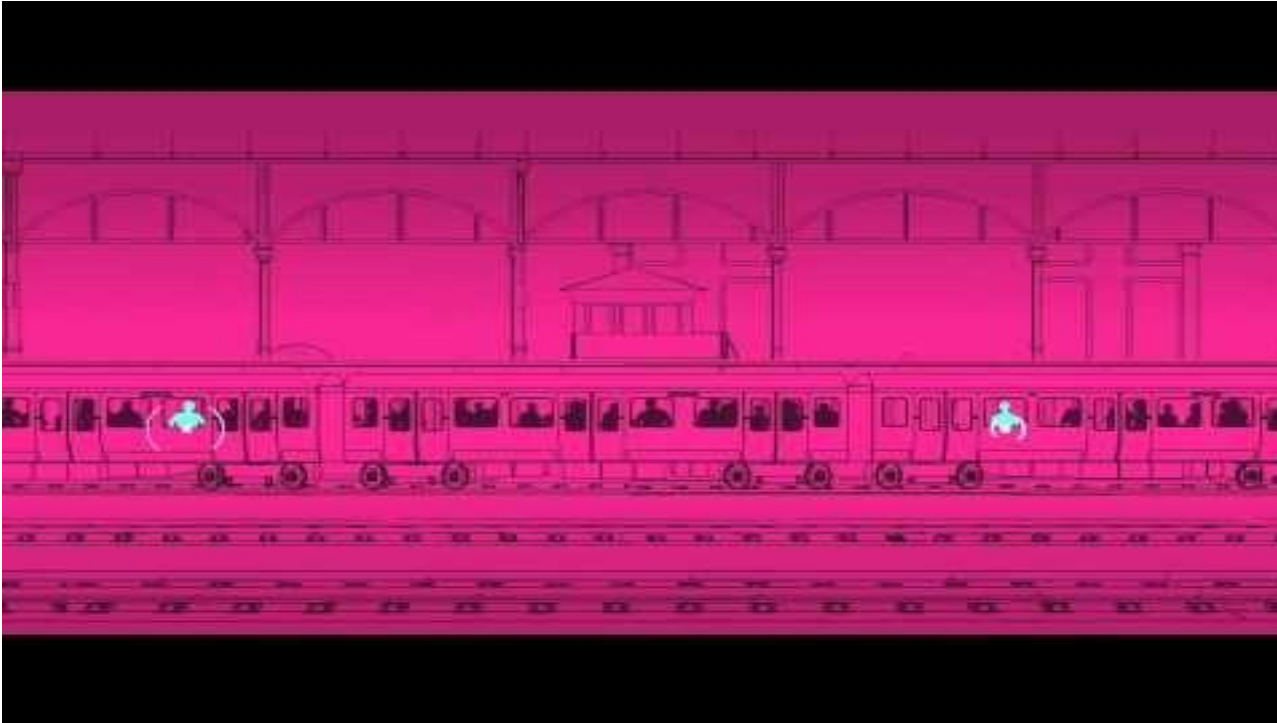
Mobilne peer-to-peer mreže

- ❁ Wi-Fi Direct – <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-direct>
 - ❏ Omogućava peer-to-peer konekciju Wi-Fi uređaja
 - ❏ Android Wi-Fi Direct
 - <https://developer.android.com/develop/connectivity/wifi/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.
 - ❏ Personalizovano socijalno, lokalno i mobilno iskustvo, omogućavajući korisnicima pronalaženje partnera za mobilne igre, deljenje multimedijalnih sadržaja i pristup lokalizovanim informacijama
 - ❏ Android WiFi (od 8.0 - API Level 26)
 - <https://developer.android.com/develop/connectivity/wifi/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)

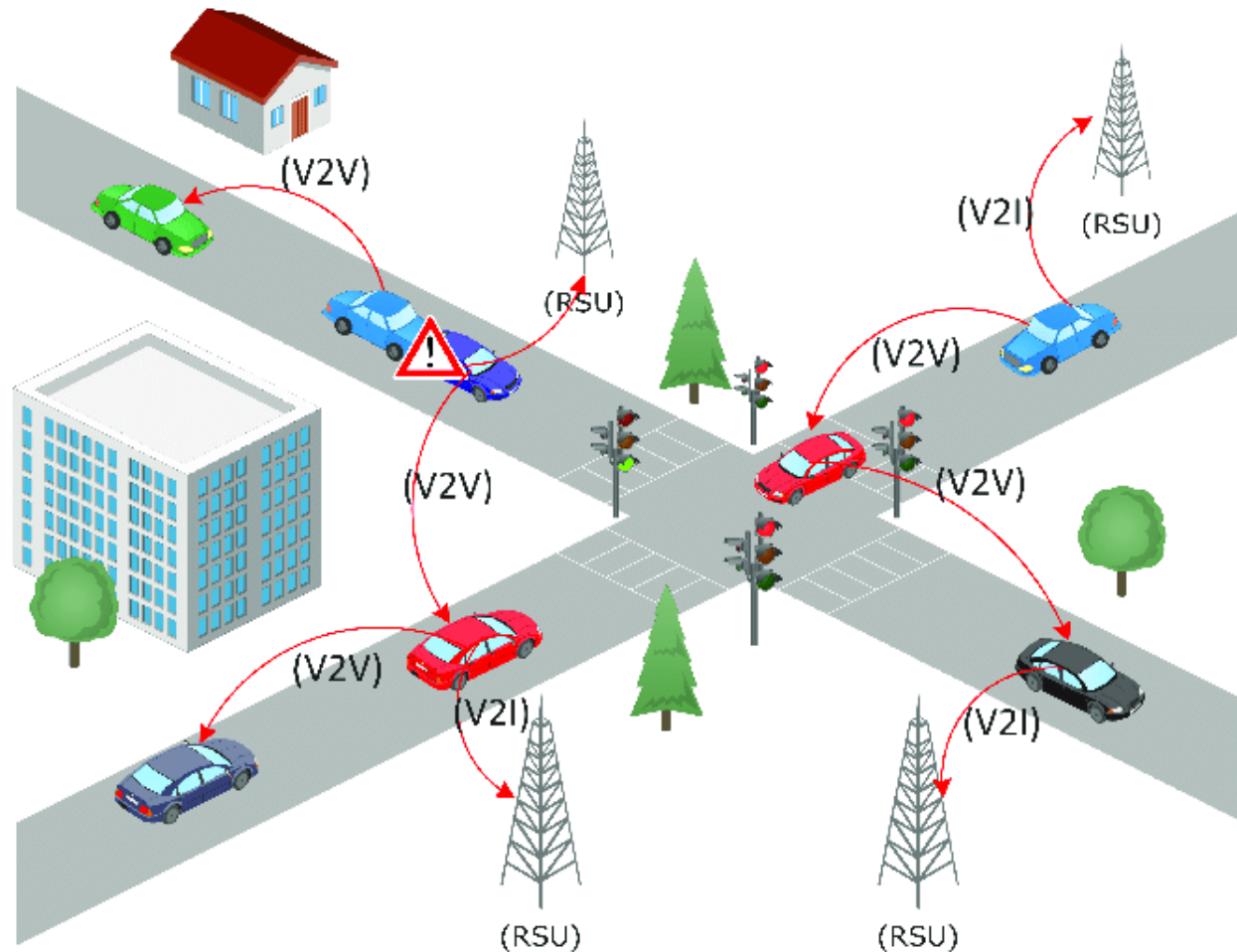
✿ Komunikacija

- ✦ 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

VANET - Vehicular Ad Hoc Network





WIRELESS WAN



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)

❖ **5G** (10-30 Gb/s)

- ❖ More than 100x connected devices, 1000x bandwidth per unit areas

Mobilne i bežične mreže



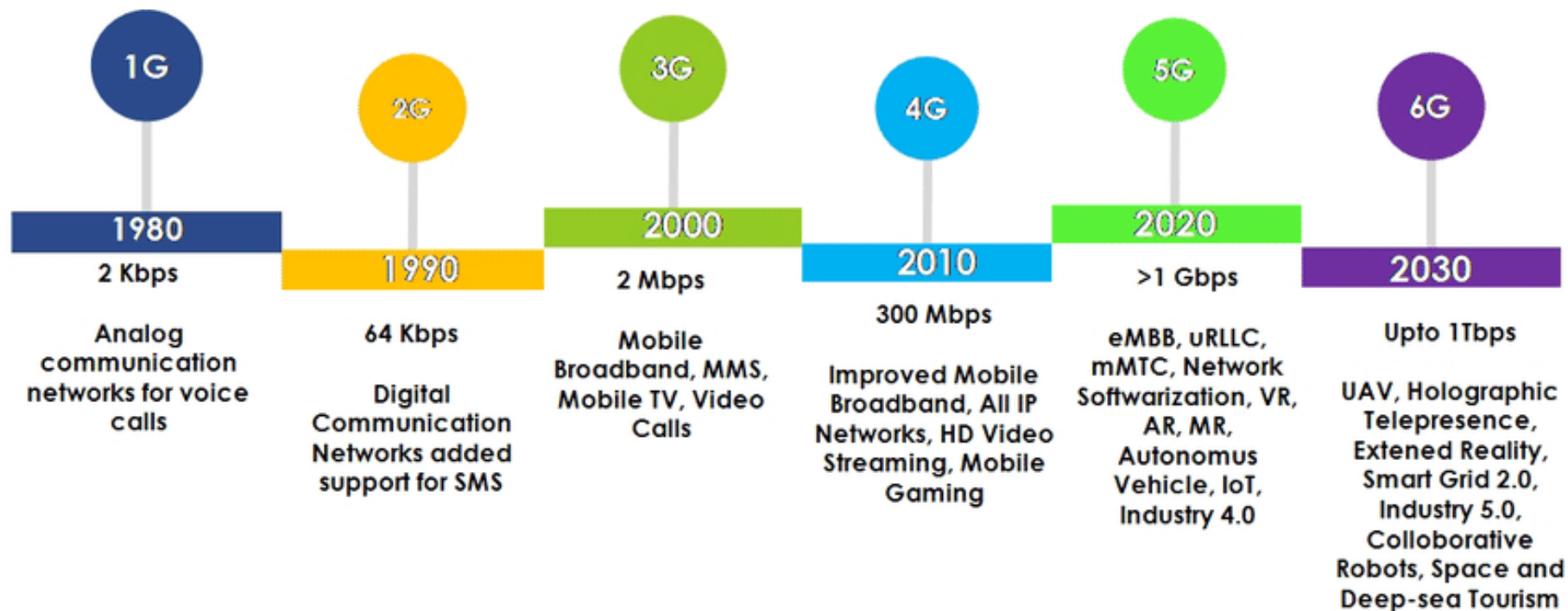
The diagram illustrates the evolution of mobile communication technologies across four generations (1G, 2G, 2.5G, 3G, 4G), categorized by three multiple access methods: FDMA, TDMA, and CDMA. Arrows indicate the progression and relationships between different standards.

- FDMA:**
 - 1G: CT0/1, AMPS, NMT
 - 2G: CT2
 - 3G: *IMT-FT*, DECT
 - 4G: WiMAX
- TDMA:**
 - 1G: IS-136, TDMA, D-AMPS
 - 2G: GSM, PDC
 - 2.5G: GPRS, EDGE
 - 3G: *IMT-SC*, IS-136HS, UWC-136
- CDMA:**
 - 1G: IS-95, cdmaOne
 - 2G: cdma2000 1X
 - 2.5G: *IMT-DS*, UTRA FDD / W-CDMA, *IMT-TC*, UTRA TDD / TD-CDMA, *IMT-TC*, TD-SCDMA
 - 3G: *IMT-MC*, cdma2000 1X EV-DO, 1X EV-DV (3X)
 - 4G: LTE








Key transitions and groupings include:

- IS-136, TDMA, and D-AMPS leading to GSM and PDC.
- GSM and PDC leading to GPRS and EDGE.
- GPRS and EDGE leading to various 3G standards like *IMT-SC*, IS-136HS, and UWC-136.
- IS-95 and cdmaOne leading to cdma2000 1X, which then branches into 3G standards like *IMT-DS*, UTRA FDD / W-CDMA, *IMT-TC*, UTRA TDD / TD-CDMA, *IMT-TC*, and TD-SCDMA.
- UTRA FDD / W-CDMA leading to HSDPA.
- UTRA TDD / TD-CDMA leading to LTE.
- cdma2000 1X leading to *IMT-MC*, cdma2000 1X EV-DO, and 1X EV-DV (3X).

Evolucija mobilnih mreža



Evolucija mobilnih mreža

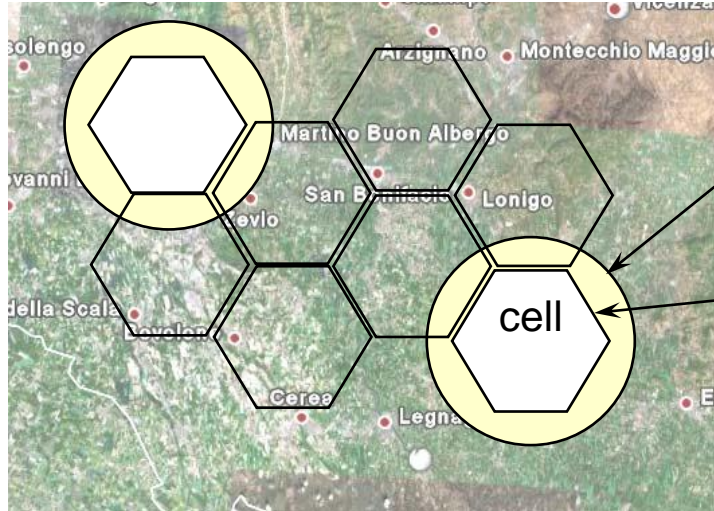
	1980's	1990's	2000's	2010's	2020's	2030's
	Analog	Digital				
						
	Voice Call	Text Messaging	Internet Access	Internet Access	Smart Society	Intelligent Society
Features	1G	2G	3G	4G	5G	6G
Technology	AMPS, NMT, TACS	GSM	WCDMA	LTE, WiMax	MIMO, mm Waves	
Frequency	30 KHz	1.8 GHz	1.6 – 2 GHz	2 – 8 GHz	3 – 30 GHz	THz band (TeraHertz)
Bandwidth	2 kbps	14.4 – 64 kbps	2 Mbps	2000 MbPS to 1 Gbps	≥1 Gbps	>100 Gbps
Access Systems	FDMA	TDMA CDMA	CDMA	CDMA	OFDM BDMA	
Core Network	PSTN	PSTN	Packet Network	Internet	Internet	Under Construction

- 1) AMPS: Advanced Mobile Phone Service
- 2) BDMA: Beam-Division Multiple Access
- 3) CDMA: Code-Division Multiple Access
- 4) GSM: Global System for Mobiles
- 5) LTE: Long Term Evolution
- 6) MIMO: Multiple Input Multiple Output

- 7) NMT: Nordic Mobile Telephone
- 8) OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
- 9) TACS: Total Access Communication System
- 10) TDMA: Time-Division Multiple Access
- 11) WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
- 12) WiMax: World Interoperability for Microwave Access

Ćelijska struktura

- Prostor je podeljen u ćelije

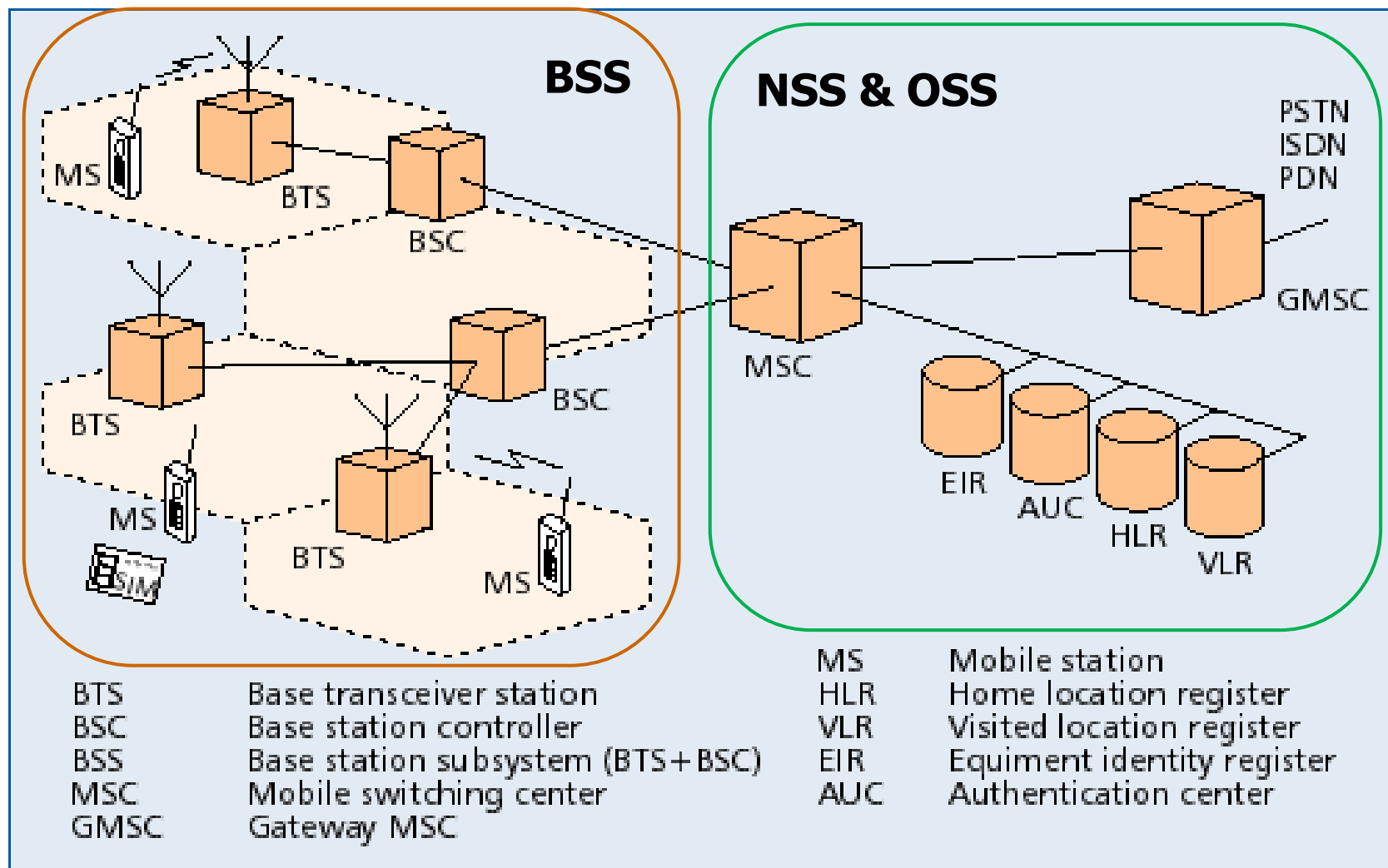


moguća radio pokrivenost ćelije

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

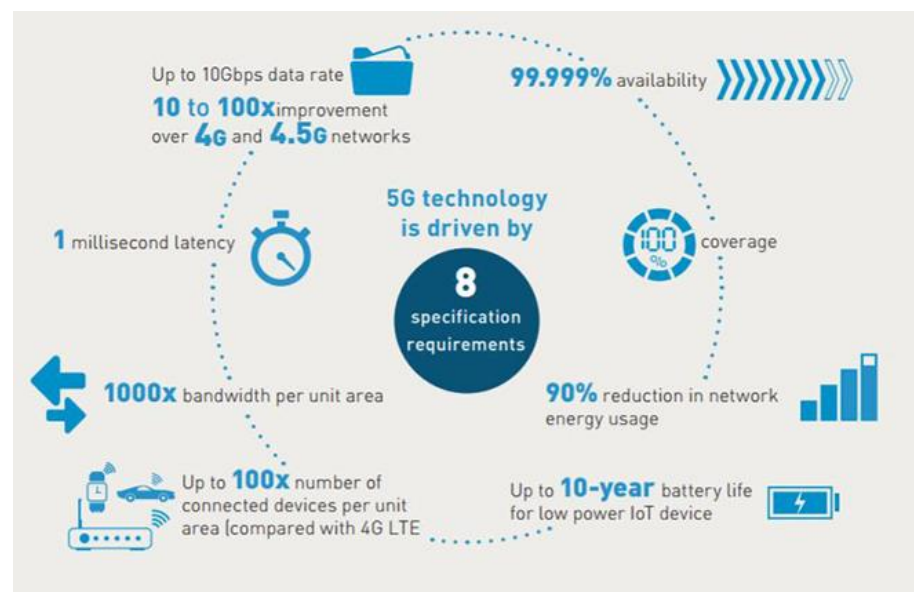
- ✿ *Streaming* video aplikacije
- ✿ Download audio sadržaja, poput MP3
- ✿ Over-the-air download softvera
- ✿ Kolaboracija (*Workplace collaboration*)
- ✿ Voice-over-IP (VoIP)
- ✿ Lokaciono-zasnovani (*location-based*) i kontekstno-svesni (*context-aware*) servisi
- ✿ Multimedia *messaging* servisi
- ✿ 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)

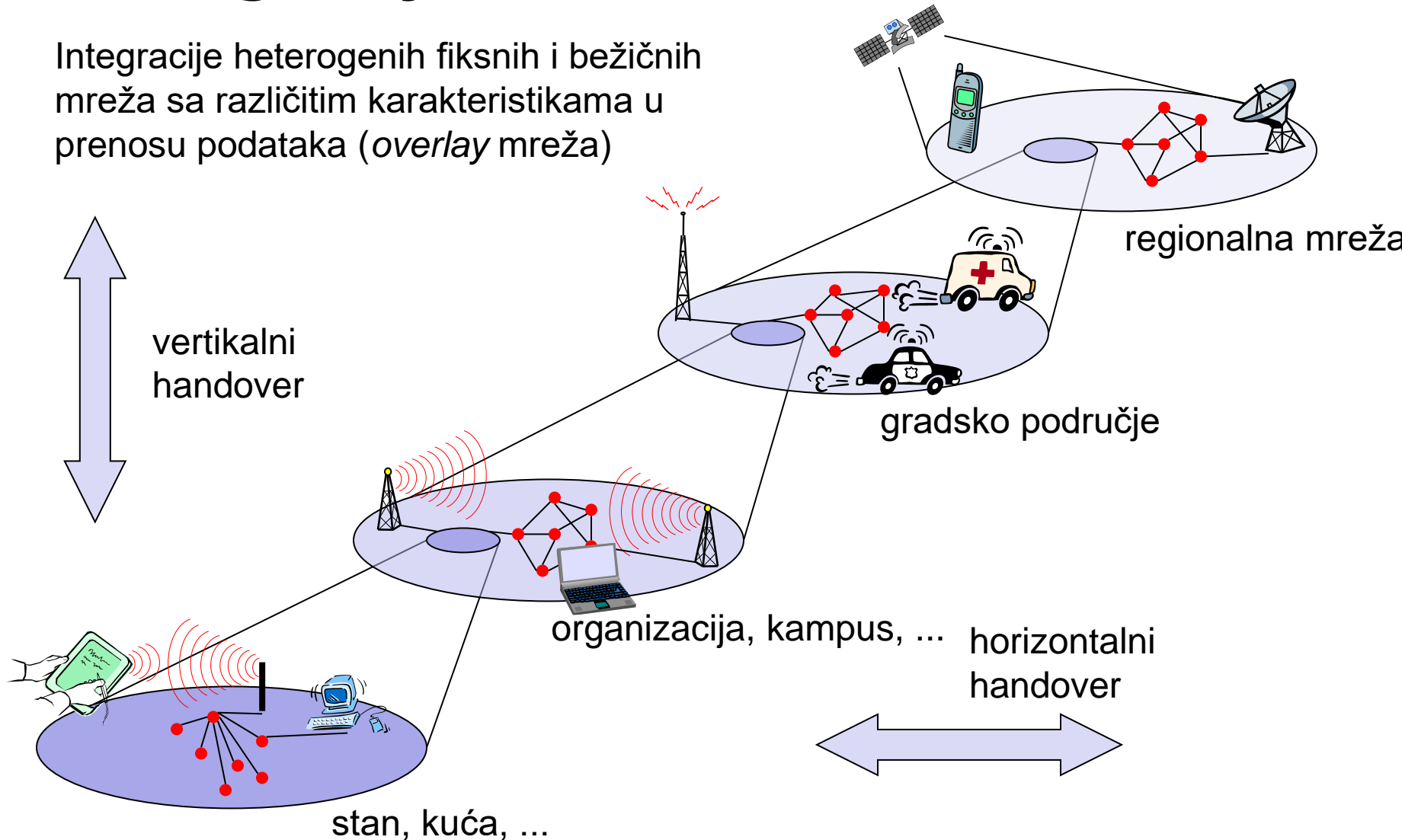
5G

- 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 10-30 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 fiksnih 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

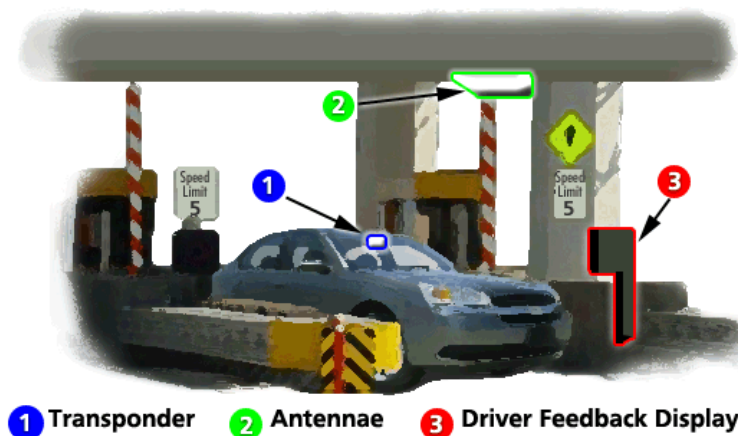
Mobilne i bežične mreže

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





Near field communication (NFC)

- ✿ Near Field Communication (NFC) predstavlja skup tehnologija za bežičnu komunikaciju na kratkom dometu, obično zahtevajući udaljenost od 4 cm ili manje za iniciranje veze
- ✿ Omogućava deljenje malih paketa podataka između NFC taga i Android uređaja ili između dva Android uređaja
- ✿ Tagovi se mogu razlikovati po kompleksnosti
 - ✦ Jednostavni tagovi nude samo semantiku čitanja i pisanja, ponekad sa memorijskim prostorom koji se može programirati samo jednom tako da je tag samo za čitanje
 - ✦ Složeniji tagovi obezbeđuju matematičke operacije i imaju kriptografski hardver za autentifikaciju pristupa
 - ✦ Najsofisticiraniji tagovi sadrže operativna okruženja, omogućavajući kompleksne interakcije, izvršavanjem softvera na tagu. Podaci smešteni na tagu mogu biti zapisani u različitim formatima, ali Android API su zasnovani na NDEF (NFC Data Exchange Format)

Android & NFC

- ✿ Android uređaji sa NFC podržavaju tri glavna režima rada:
 - ✦ **Reader/writer mode** - omogućavajući NFC uređaju čitanje i pisanje pasivnih NFC oznaka i nalepnica
 - ✦ **P2P mode** - omogućavajući NFC uređaju razmenu podataka sa drugim NFC uređajima; ovaj režim rada koristi se kod Android Beam funkcionalnosti
 - ✦ **Mod emulacije kartice** - omogućavajući samom NFC uređaju da deluje kao NFC kartica. Emuliranoj NFC kartici može biti pristupljeno od strane eksternog NFC čitača, kao što je terminal za prodaju sa NFC podrškom Apple Pay & Google Pay
- ✿ NFC predstavlja unapređenje HF RFID, koristi isti skup osnovnih protokola, tako da uređaj sa NFC može predstavljati čitač HF RFID tagova na 13.56 MHz
- ✿ NFC poseduje i dodatne protokole nad RFID standard-om
- ✿ Android NFC
 - ✦ <https://developer.android.com/develop/connectivity/nfc>



MWC Barcelona 2024 - Themes

5G and Beyond

- 5G Advanced - end-to-end AI integration, 6G

Connecting Everything

- Network solutions that are open, seamless, sustainable, and secure (6.3 billion mobile subscribers 2030, 15 billion IoT devices in 2 years)

Humanising AI

- Generative AI - The pace of change is both disruptive and exciting, and we're only just getting started

Manufacturing Digital Transformation (DX)

- Smart factories/warehouses, AI and robotics, Industry 4.0

Game Changers

- Where is technology going in 2024?

Our Digital DNA

- Our digital future is emerging and it's vital to implement change by making societal change part of our DNA



MWC Barcelona 2024 - Highlights

Smartphones

- ❑ Motorola's rollable smartphone
- ❑ Nothing Phone 2a
- ❑ Huawei - Mate60 RS Ultimate Design
- ❑ Xiaomi 14 Ultra

Telecom partnerships

- ❑ Nokia & Intel - make 5G more energy efficient
- ❑ NTT & Red Hat - enable AI data analysis at or near the edge in real time
- ❑ Samsung Electronics, Juniper Networks & Wind River - enable end-to-end network virtualization for clients (SDN & NFV)



MWC Barcelona 2024 - Highlights

Wearables and other gadgets

- ❑ Samsung Galaxy Ring - My Vitality Score, a wellness score calculated on data points, including heart rate, breathing, sleep patterns, movement, and activity, collected from the user's finger
- ❑ Humane AI Pin - square-shaped jacket accessory, a powerful AI-packed punch that serves as a personal assistant
 - Accepts commands through audio since it lacks a screen, touch through a touchpad and gestures
 - Laser ink display included to project images on the user's hands
- ❑ Lenovo - ThinkBook Transparent Display Laptop

4YFN - <https://www.4yfn.com/>

- ❑ Qilimanjaro Quantum Tech (Spain) - Operates as a full-stack quantum computing solutions provider, including quantum processors and algorithmic services
- ❑ It offers a cloud-based Quantum as a Service (QaaS) and quantum consulting services, assists in developing app-specific integrated quantum chips, and helps set up quantum labs



Pitanja i komentari

