

# Razvoj 5G mreže i njezin utjecaj na potrošačku elektroniku

---

Čop, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:562062>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**ZAVRŠNI RAD**

**RAZVOJ 5G MREŽE I NJEZIN UTJECAJ NA  
POTROŠAČKU ELEKTRONIKU**

**DEVELOPMENT OF 5G NETWORK AND ITS IMPACT  
ON CONSUMER ELECTRONICS**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Periša

Student: Luka Čop

JMBAG: 0135259750

Zagreb, rujan 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 22. svibnja 2023.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Arhitektura telekomunikacijske mreže**

**ZAVRŠNI ZADATAK br. 7234**

Pristupnik: **Luka Čop (0135259750)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Razvoj 5G mreže i njezin utjecaj na potrošačku elektroniku**

Opis zadatka:

U radu je potrebno napraviti analizu razvoja mobilnih mreža te opisati glavne značajke 5G mreže. Također je potrebno napraviti analizu utjecaja 5G mreže na razvoj potrošačke elektronike svakodnevne primjene.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

---

izv. prof. dr. sc. Marko Periša

## **SAŽETAK**

5G tehnologija predstavlja revolucionarni korak naprijed u svijetu potrošačke elektronike. Ova generacija mobilne mreže donosi nevjerojatnu brzinu prijenosa podataka, nisku latenciju i ogromnu povezanost uređaja te samim time i mijenja način korištenja pametnih telefona, pametnih televizora, nosive tehnologije i mnogih drugih uređaja. 5G tehnologija otvara vrata nevjerojatnim inovacijama poput proširene i virtualne stvarnosti, ali zahtijeva pažljivo upravljanje kako bi se osiguralo da iskustvo povezivanja bude sigurno, pouzdano i dostupno svim korisnicima.

**KLJUČNE RIJEČI:** tehnologija 5G; potrošačka elektronika; primjena; sigurnost; budućnost.

## **SUMMARY**

5G technology represents a revolutionary leap forward in the world of consumer electronics. This generation of mobile networks brings incredible data transmission speeds, low latency, and massive device connectivity, thereby transforming how we use smartphones, smart TVs, wearable technology, and many other devices. 5G technology opens the door to astonishing innovations such as augmented and virtual reality. However, it requires careful management to ensure that the connectivity experience is secure, reliable, and accessible to all users.

**KEYWORDS:** 5G technology; consumer electronics; applications; security; future.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	ANALIZA I RAZVOJ 5G TEHNOLOGIJE .....	2
2.1	Uvod u 5G tehnologiju .....	2
2.2	Arhitektura 5G mreže .....	3
2.2.1	Temeljne komponentne 5G mreže .....	4
2.2.2	Virtualizacija i softverski definirane mreže u 5G .....	5
2.2.3	Sigurnost u 5G arhitekturi .....	5
2.3	Tehničke karakteristike 5G tehnologije .....	6
2.4	Ključne tehnologije u 5G .....	7
2.4.1	mmWave frekvencijski spektar .....	7
2.4.2	Beamforming – tehnika usmjeravanja signala .....	8
2.4.3	Višestruki ulaz i višestruki izlaz - MIMO .....	8
2.4.4	Raslojavanje mreže - Network slicing .....	9
2.4.5	Cloud-native arhitektura .....	10
2.5	Regulacija 5G mreže .....	11
3.	OBILJEŽJA I PODJELA POTROŠAČKE ELEKTRONIKE .....	12
4.	UTJECAJ 5G MREŽE NA RAZVOJ POTROŠAČKE ELEKTRONIKE SVAKODNEVNE PRIMJENE .....	15
4.1	Pametni telefoni i 5G .....	15
4.2	Pametne kuće i 5G .....	16
4.3	Virtualna stvarnost i 5G .....	17
4.4	Pametna vozila i 5G .....	18
4.5	Zdravstvo i 5G .....	19
5.	SIGURNOSNI ASPEKTI 5G MREŽE U POTROŠAČKOJ ELEKTRONICI .....	20
5.1	Zaštita osobnih podataka korisnika .....	20

5.2	Sigurnost mreže i IoT uređaja .....	21
5.3	Ranjivosti i cyber prijetnje u 5G mreži .....	22
6.	BUDUĆNOST POTROŠAČKE ELEKTRONIKE TEMELJENE NA 5G TEHNOLOGIJI .....	24
6.1	Budući trendovi u svijetu 5G tehnologije.....	24
6.2	Izazovi za 5G područje .....	25
7.	ZAKLJUČAK.....	27
	LITERATURA.....	28
	POPIS KRATICA .....	32
	POPIS SLIKA .....	33
	POPIS GRAFOVA.....	34

# 1. UVOD

U ovom završnom radu detaljno će se analizirati područje 5G tehnologije i njezin utjecaj na potrošačku elektroniku svakodnevne primjene. 5G tehnologija predstavlja revolucionaran korak u svijetu mobilnih komunikacija, donoseći visoku brzinu, nisku latenciju i mogućnost povezivanja ogromnog broja uređaja u stvarnom vremenu. Ovo će imati značajan utjecaj na razvoj potrošačke elektronike, a zbog preciznijeg tumačenja rad je strukturiran u šest poglavlja.

U poglavlju „Analiza i razvoj 5G tehnologije“ prikazani su tehnički aspekti 5G mreže, uključujući njenu arhitekturu, ključne tehnologije i masovno umrežavanje. Ovi elementi omogućuju poboljšanje performansi i nove mogućnosti za daljnji razvoj.

U trećem poglavlju istaknuta je raznolikost potrošačkih uređaja i njihova uloga u svakodnevnom životu. Ovi uređaji će integrirati s 5G mrežom kako bi pružili napredne funkcije i bolje korisničko iskustvo.

Četvrto poglavlje koje glasi „Utjecaj 5G mreže na razvoj potrošačke elektronike svakodnevne primjene“ navodi konkretne primjene 5G tehnologije u različitim sektorima, uključujući virtualnu stvarnost, pametne kuće, telemedicinu i autonomna vozila. Predviđeno je kako će 5G tehnologija omogućiti napredne usluge i transformirati način na koji živi svijet integrira s potrošačkom elektronikom.

Nadalje, peto poglavlje „Sigurnosni aspekti 5G mreže u potrošačkoj elektronic“ naglasilo je važnost sigurnosti u 5G okruženju. Razmotrene su potencijalne prijetnje i izazovi te kako ih je potrebno rješavati da bi se osigurala privatnost i integritet podataka i korisnika.

U šestom poglavlju fokus je na budućim trendovima, izazovima i prilikama za područje 5G tehnologije sukladno potrošačkoj elektronic. Neki od tih trendova uključuju veću povezanost uređaja, autonomnu inteligenciju i nove poslovne modele.

U konačnici, kao zaključak na cijelu temu izdvojene su najznačajnije stavke po pitanju izazova i benefita koje sa sobom nosi 5G tehnologija i koji će biti presudni za daljnji rast i razvoj ovog područja.

## 2. ANALIZA I RAZVOJ 5G TEHNOLOGIJE

Razvoj mobilnih komunikacija u posljednjih nekoliko desetljeća obilježen je neprekidnim tehnološkim napretkom, donoseći promjene koje su značajno utjecale na svakodnevni život ljudi i transformirale način na koji komuniciramo i koristimo elektroniku. Od prvih analognih sustava do širokopoljasnih 4G mreža, svaka generacija mobilnih mreža donijela je nove inovacije i mogućnosti.

Prva generacija mobilnih mreža (1G) označila je početak mobilne revolucije omogućavajući osnovne analogne glasovne pozive.

Druga generacija (2G) donijela je digitalne komunikacije i SMS poruke, što je omogućilo složeniju komunikaciju između korisnika.

Treća generacija (3G) donijela je brži prijenos podataka, omogućavajući pretragu internetom na mobilnim uređajima i početak ere pametnih telefona.

Četvrta generacija (4G) predstavila je širokopoljasne veze visoke brzine, što je omogućilo streaming video sadržaja i razvoj IoT (*eng. Internet of Things – IoT*). uređaja.

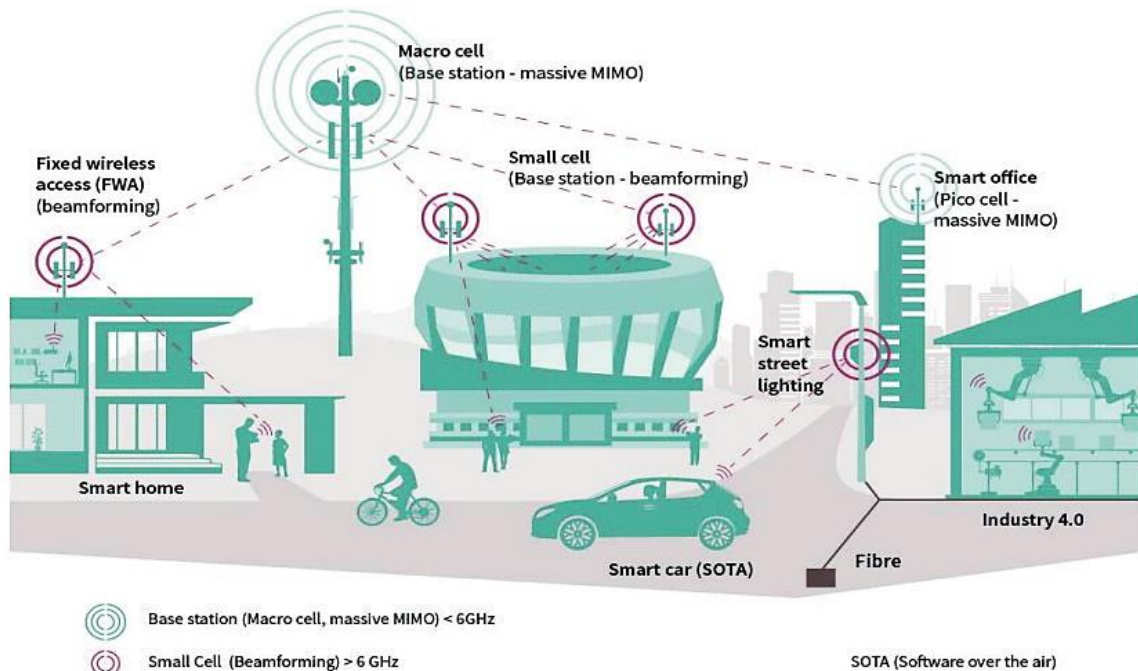
U nastojanju da se ispune zahtjevi sve brže digitalne transformacije, razvijena je upravo današnja 5G tehnologija. Ovo poglavlje pruža dublji uvid u osnovne karakteristike, razlike u odnosu na prethodne generacije mobilnih mreža te ključne tehnologije na kojima se zasniva 5G područje koje oblikuje našu digitalnu budućnost.

### 2.1 Uvod u 5G tehnologiju

Osnovna svrha 5G tehnologije je omogućiti znatno brži prijenos podataka, smanjiti latenciju na minimum i povećati pouzdanost mreže. To će omogućiti stvaranje potpuno novih aplikacija i iskustava koja se nisu mogla ni zamisliti uz prethodne generacije mobilnih mreža. Brži prijenos podataka omogućava streaming visokokvalitetnih video sadržaja, virtualnu i proširenu stvarnost bez zastajkivanja te visokoučinkovitu povezanost uređaja u okviru Interneta stvari. Smanjena latencija čini autonomna vozila sigurnijima i preciznijima, a povećana



pouzdanost otvara vrata za kritične primjene kao što su telerobotika i telemedicina [1]. Na slici 1 prikazana je prisutnost 5G tehnologije u današnjoj okolini.



Slika 1: Svijet uz 5G tehnologiju, [2]

5G tehnologija nije samo tehnički iskorak. To je također rezultat suradnje i standardizacije na globalnoj razini. Organizacije poput ITU (eng. *International Telecommunication Union*) i 3GPP (eng. *The 3rd Generation Partnership Project*) odigrale su ključnu ulogu u definiranju standarda i smjernica za 5G mreže. Kroz ovu suradnju, 5G je postala globalna stvarnost, a komercijalne mreže koje podržavaju ovu tehnologiju počele su se pojavljivati širom svijeta [1].

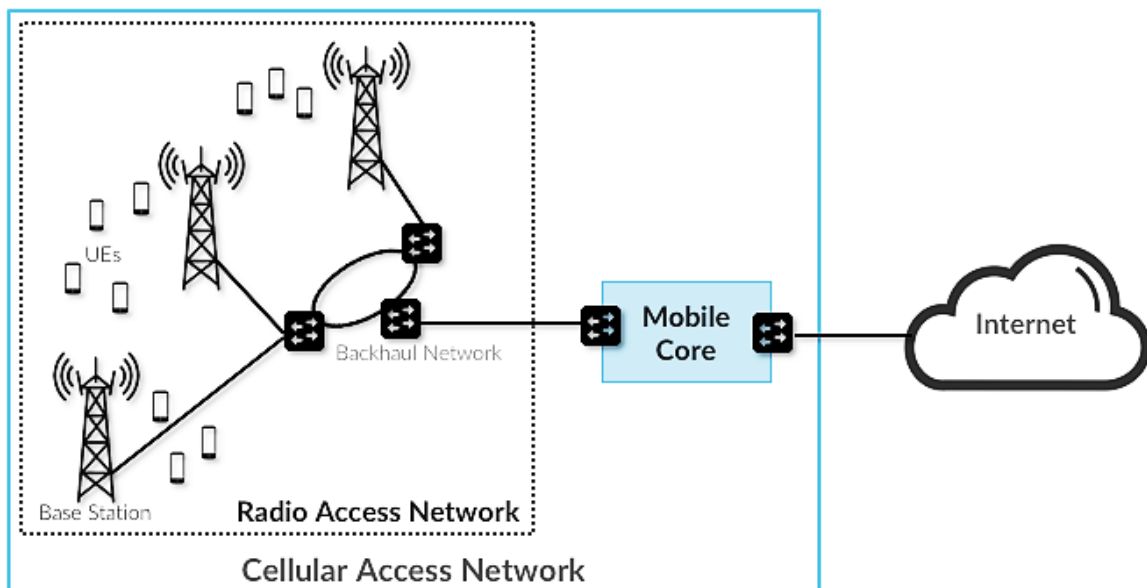
## 2.2 Arhitektura 5G mreže

Arhitektura 5G mreže predstavlja temeljnu strukturu koja omogućava ostvarivanje impresivnih performansi i mogućnosti koje 5G tehnologija donosi. Ovo potpoglavlje istražuje ključne elemente ove arhitekture, odnosno temeljne komponente 5G mreže, koncept virtualizacije i softverski definirane mreže (eng. *Software Defined Networking – SDN*) te važnost sigurnosti unutar 5G okruženja.

### 2.2.1 Temeljne komponentne 5G mreže

Arhitektura 5G mreže temelji se na ključnim komponentama koje čine njenu srž, a prikazane su na slici 2. Jedna od ključnih komponenti su bazne stanice, poznate i kao stanične stanice. Ove stanice su raspoređene diljem urbanih i ruralnih područja kako bi pružile pokrivanje širokog područja. Njihova uloga je osigurati pristup 5G mreži uređajima. Unaprijeđene karakteristike baznih stanica, uključujući višestruki ulaz i izlaz (*eng. Multiple Input Multiple Output - MIMO*) i podršku za visokofrekventne spektre, omogućuju brže i pouzdanije povezivanje.

Druga ključna komponenta je jezgra mreže. Jezgra mreže koordinira komunikaciju između baznih stanica i povezuje se s globalnim Internetom. Ovo je srce 5G mreže koje omogućava brzi prijenos podataka i nisku latenciju. Nove tehnologije, kao što su NFV (*eng. Network Function Virtualization*) i SDN, unose dodatnu fleksibilnost u jezgru mreže, omogućavajući brže prilagodbe zahtjevima prometa [3].

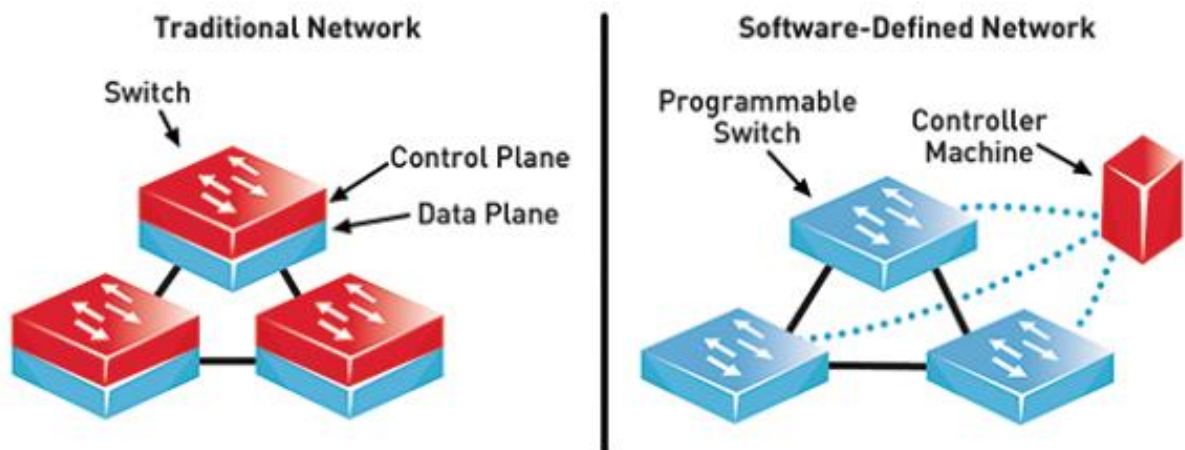


Slika 2: Temeljne komponente 5G mreže, [4]

## 2.2.2 Virtualizacija i softverski definirane mreže u 5G

Virtualizacija i softverski definirane mreže ključne su komponente koje doprinose fleksibilnosti i dinamičnosti 5G arhitekture. Virtualizacija omogućava resursima mreže da budu podijeljeni i upravljani kao virtualne instance. To znači da se resursi mogu dodijeliti prema potrebama prometa, što povećava učinkovitost i smanjuje potrebu za fizičkim resursima.

S druge strane SDN je koncept koji, za razliku od klasičnih mreža, omogućava centralizirano upravljanje mrežom putem softverskih kontrolera, kako je i prikazano na slici 3. To olakšava optimizaciju prometa i prilagodbu na promjenjive uvjete. Kroz SDN, mreža može biti programirana i rekonfigurirana u stvarnom vremenu, što je ključno za podršku raznolikim aplikacijama i uslugama koje 5G omogućava [5].



Slika 3: SDN - softverski definirane mreže, [6]

## 2.2.3 Sigurnost u 5G arhitekturi

Sigurnost je ključna komponenta svake mobilne mreže, a posebno je važna u 5G okruženju koje povećava broj uređaja i količinu podataka koja se prenosi. U sklopu sigurnosti u 5G arhitekturi, koriste se napredni sigurnosni mehanizmi. To uključuje enkripciju podataka kako bi se osiguralo da su podaci sigurni tijekom prijenosa.

Autentikacija uređaja je također ključna kako bi se osiguralo da se samo ovlašteni uređaji mogu povezati s određenom mrežom.

Osim toga, segmentacija mreže je važan element sigurnosti u 5G mreži, što znači da se mreža može podijeliti na više virtualnih mreža, svaka s vlastitim sigurnosnim politikama. Ovo sprječava širenje prijetnji kroz cijelu mrežu. Također, praćenje i analiza mrežnog prometa igraju važnu ulogu u otkrivanju potencijalnih prijetnji i ranjivosti unutar mreže [3].

### **2.3 Tehničke karakteristike 5G tehnologije**

Jedna od ključnih tehničkih karakteristika 5G mreže su izvanredno visoke brzine prijenosa podataka. 5G tehnologija donosi potencijal za brzine koje su znatno veće od onih koje su dostupne u prethodnim generacijama. To znači da korisnici mogu preuzimati ogromne datoteke, uživo prenositi visokokvalitetni video sadržaj i koristiti složene aplikacije bez zastajkivanja. Ova karakteristika otvara vrata za iskustva virtualne i proširene stvarnosti, kao i za visokokvalitetne multimedijske usluge.

Niska latencija je još jedna tehnička karakteristika 5G tehnologije. Latencija se odnosi na vrijeme potrebno za prijenos podataka između uređaja i mreže. U 5G mreži, latencija je smanjena na minimum, što znači da su odgovori uređaja gotovo trenutačni. Ovo je od ključnog značaja za aplikacije koje zahtijevaju precizno stvarno vrijeme, kao što su autonomni automobili, telerobotika i telemedicina.

Veći kapacitet mreže je također iznimno bitna tehnička karakteristika 5G tehnologije. S porastom broja uređaja koji su povezani s 5G mrežom i rastućim zahtjevima za širokopojsnim prometom, 5G mora omogućiti visoku gustoću uređaja na mreži i održavati stabilan protok podataka. Ovo je ključno za podršku IoT uređajima i konceptu povezane okoline gdje su uređaji u svakodnevnom okruženju povezani na mrežu.

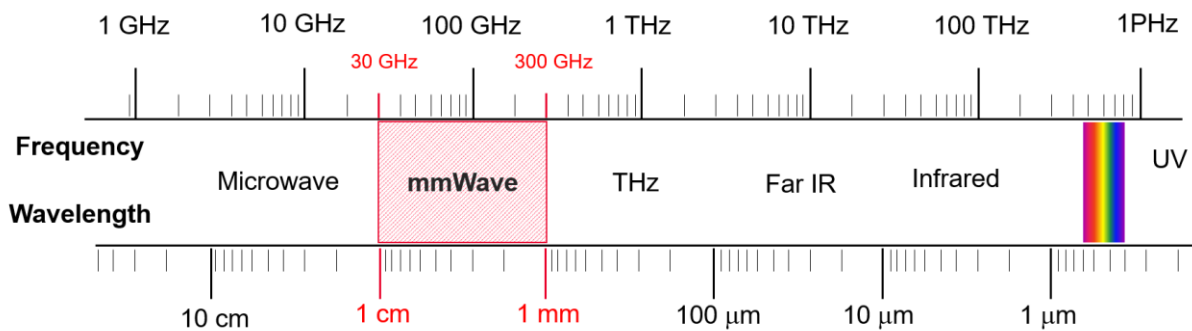
MIMO tehnologija isto tako igra vrlo važnu ulogu za tehničke karakteristike 5G tehnologije iz razloga što koristi više antena za prijenos podataka, čime povećava propusnost i pouzdanost veze, što korisnicima omogućava bolje iskustvo, posebno u gusto naseljenim urbanim sredinama [1].

## 2.4 Ključne tehnologije u 5G

Razvoj 5G mreže donosi sa sobom niz tehnologija koje su ključne za ostvarivanje njene svrhe i njenih ambicioznih ciljeva. U ovom potpoglavlju, bit će obrađene neke od najvažnijih tehnologija koje čine srž 5G revolucije.

### 2.4.1 mmWave frekvencijski spektar

Milimetarski val (mmWave), poznat i kao milimetarski pojas, je pojas spektra s valnim duljinama između 10 milimetara (ili 30 GHz) i 1 milimetra (ili 300 GHz), što je i prikazano na slici 4.



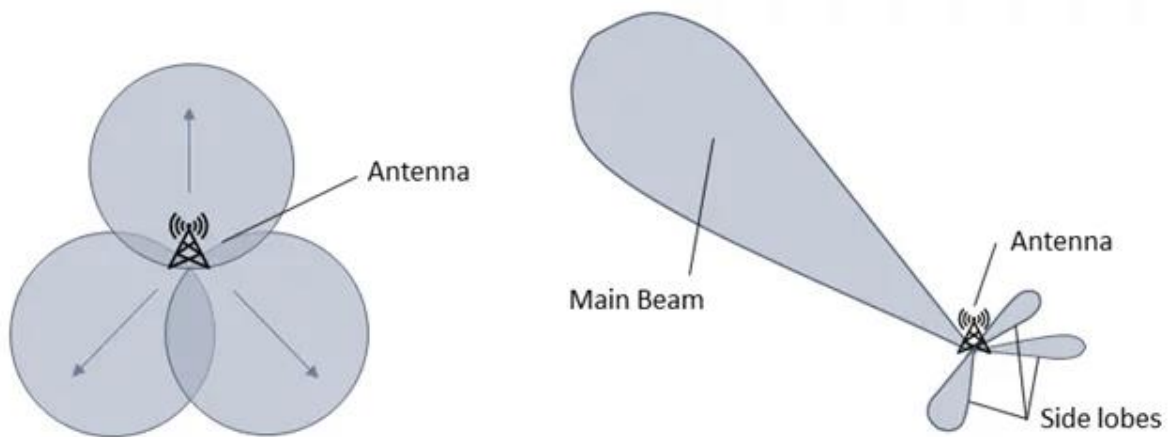
Slika 4: mmWave frekvencijski spektar, [7]

ITU ga također naziva pojasom ekstremno visokih frekvencija (*eng. Extremely High Frequency - EHF*). Ime *millimeter wave* dolazi od činjenice da su ove frekvencije vrlo kratkog vala, mjere se u milimetrima [mm] ili mikrometrima [μm].

*mmWave* frekvencijski spektar je jedna od najznačajnijih tehnologija koja omogućava 5G mreži postizanje izvanrednih brzina prijenosa podataka, odnosno da koristi šire frekvencijske pojaseve koji su dosad ostajali neiskorišteni. No, *mmWave* frekvencije također zahtijevaju gustu infrastrukturu baznih stanica jer se radi o visoko direktnim signalima koji imaju ograničeni domet [8].

## 2.4.2 Beamforming – tehnika usmjeravanja signala

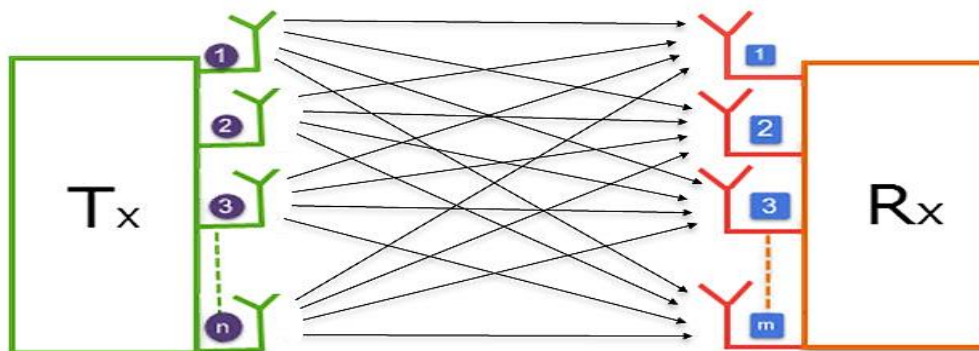
*Beamforming* je tehnika koja se koristi za usmjeravanje signala prema korisničkim uređajima s visokom preciznošću. Ova tehnika omogućava bolju kvalitetu signala i smanjenje interferencije. To se postiže kombiniranjem elemenata u antenskom nizu na takav način da signali pod određenim kutovima doživljavaju konstruktivne smetnje, dok drugi doživljavaju destruktivne smetnje. Oblikovanje snopa može se koristiti i na odašiljačkom i na prijemnom kraju kako bi se postigla prostorna selektivnost. Kroz primjenu *beamforminga*, 5G mreža može pružiti bolje iskustvo korisnicima čak i u gusto naseljenim urbanim sredinama. Na slici 5 prikazano je područje zračenja klasične antene i antene s beamforming tehnikom [9].



Slika 5: Zračenje antene beamforming tehnikom, [10]

## 2.4.3 Višestruki ulaz i višestruki izlaz - MIMO

MIMO tehnologija donosi niz ključnih prednosti u bežičnim komunikacijama, uključujući i 5G mreže. Jedna od najvažnijih prednosti je značajno povećanje kapaciteta mreže. Višestruki ulazi kao i višestruki izlazi koji karakteriziraju MIMO tehnologiju su prikazani na slici 6.



Slika 6: MIMO tehnologija, [11]

Korištenjem više antena za istovremeni prijenos više signala, MIMO omogućava mreži da podupre više korisnika i uređaja, čime se osigurava bolja propusnost za podatke i manja zagušenja. To rezultira bržim internetom, glatkim streamingom, i pouzdanom komunikacijom, što je ključno za moderna digitalna iskustva. Uz to, MIMO tehnologija također poboljšava pouzdanost veze smanjujući interferenciju i pružajući alternativne putanje za podatke u slučaju većeg prometnog opterećenja. Ova tehnika je temelj za napredne performanse u 5G mrežama i igra ključnu ulogu u oblikovanju budućnosti mobilnih komunikacija [9].

#### 2.4.4 Raslojavanje mreže - Network slicing

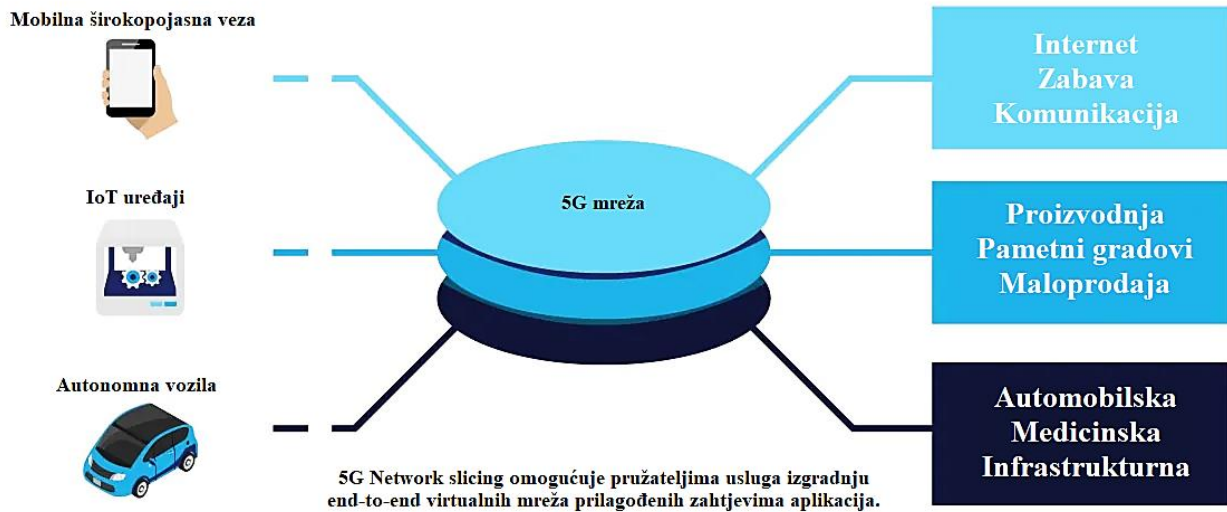
Ova tehnika omogućava stvaranje virtualnih mreža unutar jedne fizičke infrastrukture, prilagođenih specifičnim potrebama. Ključne karakteristike *network slicinga* uključuju prilagodljivost, sigurnost i izolaciju, dinamičko upravljanje resursima te podršku različitim primjenama.

Prilagodljivost znači da svaki odsječak može biti optimiziran za određeni scenarij, kao što su IoT uređaji s niskom potrošnjom energije ili brzi mobilni uređaji koji zahtijevaju visoke brzine prijenosa podataka, što i prikazuje slika 7.

Sigurnost i izolacija su ključne prednosti jer svaki taj odsječak djeluje neovisno o drugom odsječku, osiguravajući visoku razinu pouzdanosti i privatnosti podataka. Dinamičko upravljanje resursima omogućava automatsku alokaciju resursa svakom odsječku prema trenutačnim zahtjevima, čime se osigurava dosljedna i stabilna veza [12].



# 5G Network Slicing



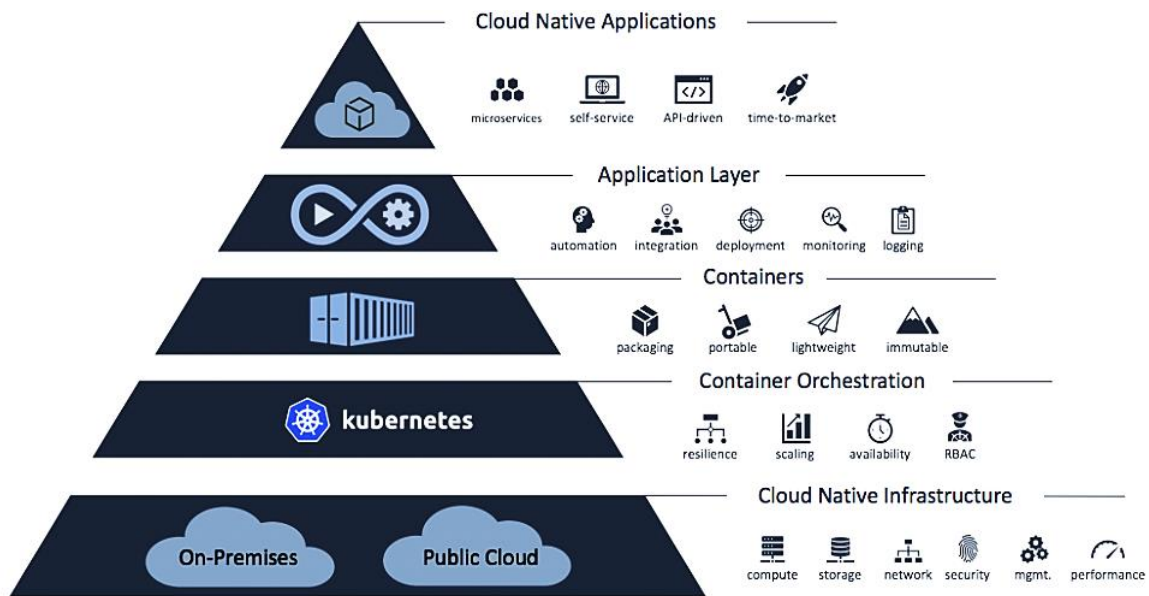
Slika 7: Raslojavanje mreže - Network slicing, [13]

## 2.4.5 Cloud-native arhitektura

Glavna karakteristika *cloud-native* arhitekture je njena modularnost. Softver se razvija kao skup neovisnih mikroservisa, svaki odgovoran za određeni aspekt aplikacije. Ovi mikroservisi su lako razmjenjivi i skalabilni, što omogućava brzu prilagodbu aplikacija na zahtjeve ili na prometno opterećenje, čime se osigurava optimalno iskorištavanje resursa i smanjenje troškova. Prednost *cloud-native* pristupa je u tome što omogućava i dinamičko upravljanje resursima.

Osim toga, *cloud-native* arhitektura koristi kontejnere za pakiranje i isporuku aplikacija. Kontejneri osiguravaju konzistentno okruženje za aplikacije, što samim time olakšava njihov razvoj, testiranje i isporuku na različite platforme. Arhitektura omogućava laku integraciju analitičkih alata i praćenje performansi aplikacija, što pomaže u optimizaciji i brzom otklanjanju problema. *Cloud-native* aplikacije mogu se pokretati na različitim cloud platformama ili čak na više njih (*multicloud*), što pruža fleksibilnost i smanjuje ovisnost o jednom davatelju usluga [14]. Slojeviti prikaz *cloud-native* arhitekture nalazi se na slici 8.





Slika 8: Cloud-native arhitektura, [15]

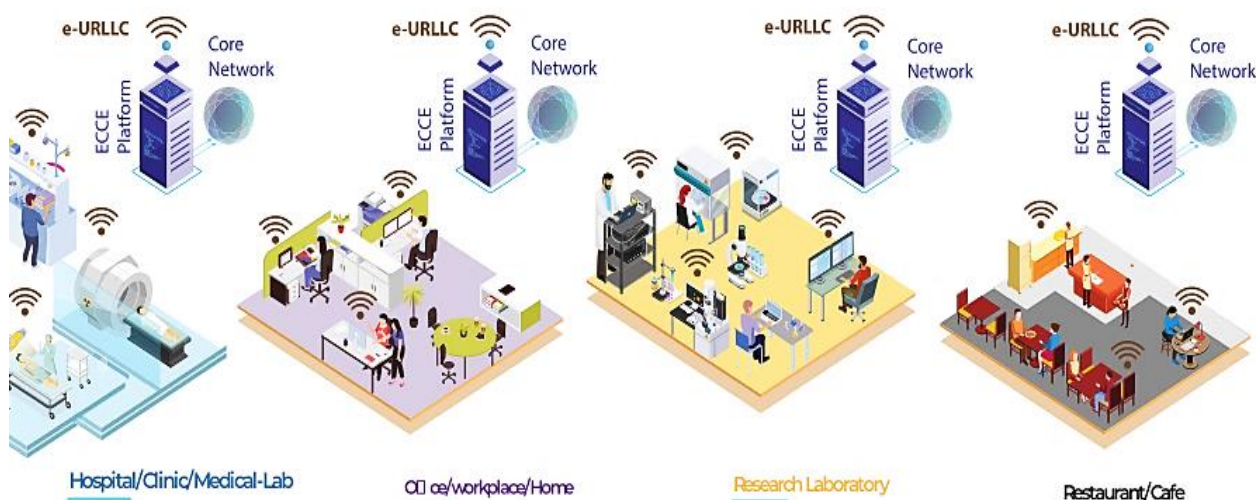
## 2.5 Regulacija 5G mreže

Tehnologija 5G znatno utječe na primjenu Opće uredbe o zaštiti podataka (*eng. General Data Protection Regulation - GDPR*). Brzi prijenos podataka i visoka gustoća stanica postavljaju nove izazove u primjeni GDPR-a. Visoka brzina će utjecati na prava korisnika kao što su pravo na informiranost, ispravak ili ograničenje obrade podataka. Gusta 5G infrastruktura također nameće brigu o privatnosti lokacije, jer će se više podataka o lokaciji korisnika prenositi, što potencijalno omogućuje profiliranje i praćenje. Ovo postaje posebno važno s obzirom na mogućnost automatiziranih odluka u 5G mrežama.

S povećanim brojem uređaja Interneta stvari podržanih 5G-om, postaje nejasno tko ima pravo na pristup i prikupljanje podataka s tih uređaja, otežavajući korisnicima ostvarivanje svojih prava na zaštitu podataka. Većina mobilnih 5G komunikacija temelji se na IP protokolu, koji se smatra osobnim podacima, što može izazvati dodatne zabrinutosti vezane uz privatnost i sigurnost [16].

### 3. OBILJEŽJA I PODJELA POTROŠAČKE ELEKTRONIKE

Potrošačka elektronika je nerazdvojni dio naše svakodnevnice te igra ključnu ulogu u našem modernom životu. Ova grana tehnologije neprestano evoluirala, nudeći nam sve naprednije i raznolikije uređaje. Od pametnih telefona do pametnih kućanskih aparata koji čine naše domove udobnijima, potrošačka elektronika oblikuje način na koji komuniciramo, radimo, zabavljamo se i živimo, što i prikazuje slika 9.



Slika 9: Potrošačka elektronika kao dio svakodnevnice, [17]

Računalna oprema obuhvaća široku paletu uređaja, od prijenosnih računala i tableta do pametnih telefona i periferije poput tipkovnica i miševa. Ova kategorija se neprestano razvija kako bi pružila sve bolje performanse i mobilnost. Prijenosna računala postala su neizostavan alat za rad i zabavu, dok pametni telefoni postaju središnji uređaj za komunikaciju i povezanost u digitalnom svijetu. Pametni uređaji se sve više koriste za rad od kuće ili online učenje.

Audio uređaji, kao što su slušalice, zvučnici, stereo sustavi i audio streaming uređaji, pružaju visokokvalitetno iskustvo zvuka. Napredne tehnologije poput bežičnog povezivanja i aktivnog suzbijanja buke dodatno su obogatile ovo područje. Slušalice postaju neizostavan dodatak za glazbu, podcaste i konferencijske pozive, dok pametni zvučnici omogućavaju kućni zvuk visoke kvalitete [17].

Video uređaji, uključujući televizore, projektore, kamere i DVD/Blu-ray playere, donose vizualno iskustvo u naše domove. Uz visoku razlučivost, veličine ekrana i pametne funkcionalnosti, televizori postaju središnji medijski uređaj, dok projektori omogućavaju impresivno prikazivanje slika i videa na velikim površinama. U svijetu potrošačke elektronike, jedan od ključnih faktora napretka je razlučivost zaslona, koja se kroz godine razvijala od HD-a prema 4K i čak 8K tehnologiji. Velike i raznolike vrste zaslona poput LED-a, OLED-a, QLED-a i AMOLED-a igraju ključnu ulogu u kvaliteti prikaza, a osvježavanje zaslona postaje sve važnije, osobito u igraćim konzolama i monitorima.

Kućanski aparati poput hladnjaka, perilica rublja, sušilica i mikrovalnih pećnica olakšavaju svakodnevne kućanske poslove. Ovi uređaji postaju sve pametniji, omogućavajući daljinsko upravljanje i praćenje putem pametnih telefona. Roboti za čišćenje također postaju neizostavan alat mnogima.

Pametni uređaji za kuću transformiraju tradicionalne domove u pametne prostore. Pametna rasvjeta, termostati, utičnice i sigurnosne kamere pružaju kontrolu i sigurnost. Koristeći glasovne asistente ili mobilne aplikacije, korisnici mogu daljinski upravljati svojim domovima, optimizirati potrošnju energije i osigurati sigurnost.

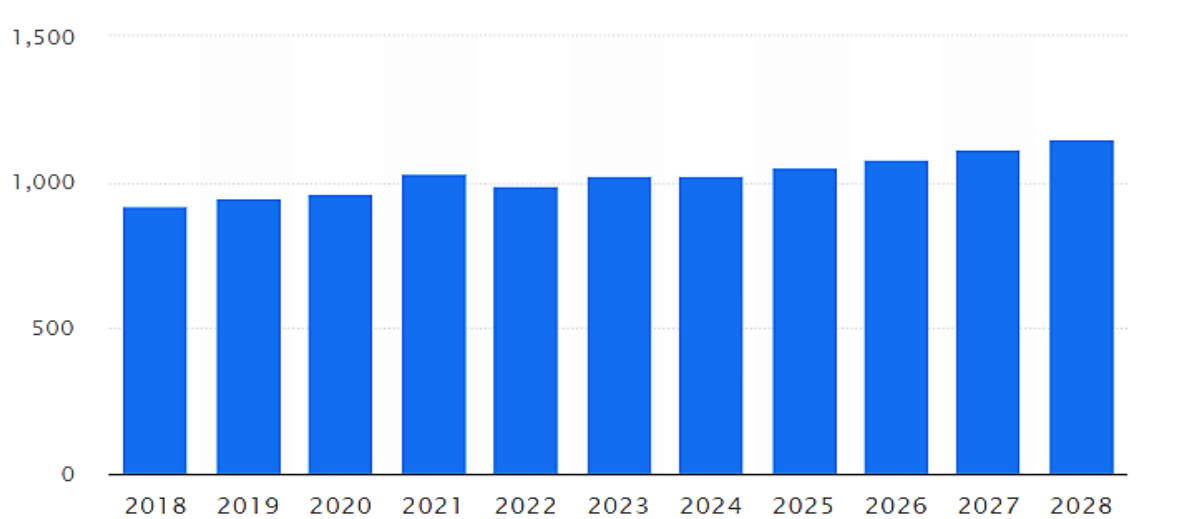
Igraće konzole, video igre, uređaji virtualne stvarnosti (*eng. Virtual Reality - VR*) i televizijski streaming uređaji pružaju raznoliku zabavu. Igraće konzole postaju sve sofisticiranije, nudeći igračima realistična iskustva. VR uređaji omogućavaju uranjanje u virtualne svjetove, dok streaming uređaji omogućavaju pristup velikoj biblioteci filmova i serija putem interneta.

Nadalje, procesorska snaga postaje sve impresivnija, omogućujući uređajima brže izvođenje operacija i zadataka. Povezivost se isto tako ubrzava i proširuje, koristeći se različitim standardima kao što su Wi-Fi, Bluetooth, USB-C i HDMI.

Pametni operativni sustavi, poput Androida, iOS-a i Windowsa, osiguravaju sučelje i funkcionalnost. Senzori i kamere, zajedno s virtualnim asistentima, dodaju interaktivnost i kontrolu. Pametni zvučnici postaju središnji dio kućnih sustava, a tehnologije prilagodljivih svjetala i boja dodaju estetsku vrijednost. Pohrana podataka postaje kompaktnija i brža s SSD-ovima i oblakom [17].

Ovaj široki spektar tehničkih aspekata potrošačke elektronike odražava dinamičnost i raznolikost ovog područja, koji se neprestano razvija kako bi zadovoljio rastuće potrebe i očekivanja korisnika.

Svjetsko tržište potrošačke elektronike, iako često doživljava zasićenje s mnogo proizvoda i konkurentskih tvrtki, ostaje područje kontinuirane inovacije. Tvrtke u ovom sektoru nastoje ostati konkurentske tako što izdaju nove i ažurirane uređaje koji potiču rast industrije. Iako je 2022. godine zabilježen pad, predviđa se da će tržište potrošačke elektronike ponovno rasti u narednim godinama, što se može vidjeti na grafu 3.1.



**Graf 3.1: Prihod tržišta potrošačke elektronike - u milijardama američkih dolara, [18]**

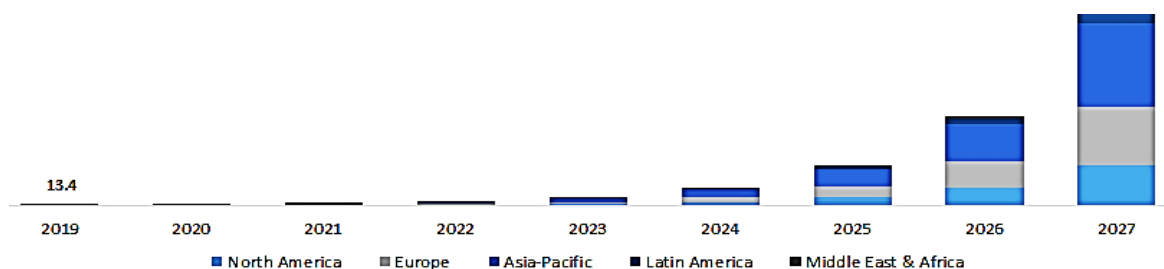
## 4. UTJECAJ 5G MREŽE NA RAZVOJ POTROŠAČKE ELEKTRONIKE SVAKODNEVNE PRIMJENE

5G mreža donosi niz koristi, uključujući mogućnost udaljenog rada, pouzdanu povezanost i interaktivnu potrošnju medija. Pandemija COVID-19 je promijenila način rada, omogućivši zaposlenima da rade izvan ureda. Osim toga, 5G omogućuje i manji gubitak podataka, što je korisno za poslovne aplikacije i povezivanje uređaja unutar automobila i vanjskih senzora.

Impresivna brzina 5G mreže omogućuje korisnicima interakciju s tvrtkama putem video sadržaja, dok sportski stadioni mogu pružiti napredno iskustvo navijačima. Sve ove promjene ukazuju na to da će 5G tek imati značajan utjecaj za telekomunikacijsku industriju i otvoriti nova područja za razvoj iste [19].

### 4.1 Pametni telefoni i 5G

Znatno pouzdaniji i brži prijenos podataka omogućava korisnicima lakše preuzimanje aplikacija, datoteka i medijskog sadržaja. Streaming video sadržaja visoke kvalitete bez zastoja postaje normaliziran, čineći iskustvo gledanja na mobilnim uređajima boljim nego ikad. Također, niska latencija 5G mreže poboljšava iskustvo igranja mobilnih igara i omogućuje napredne funkcionalnosti poput proširene stvarnosti. Pametni telefoni će postati središnja točka za povezivanje ostale potrošačke elektronike u eri 5G tehnologije. Na grafu 4.1 prikazano je tržište pametnih telefona s 5G tehnologijom, gdje se jasno vidi procjena skoka na tržištu u narednih nekoliko godina [20].

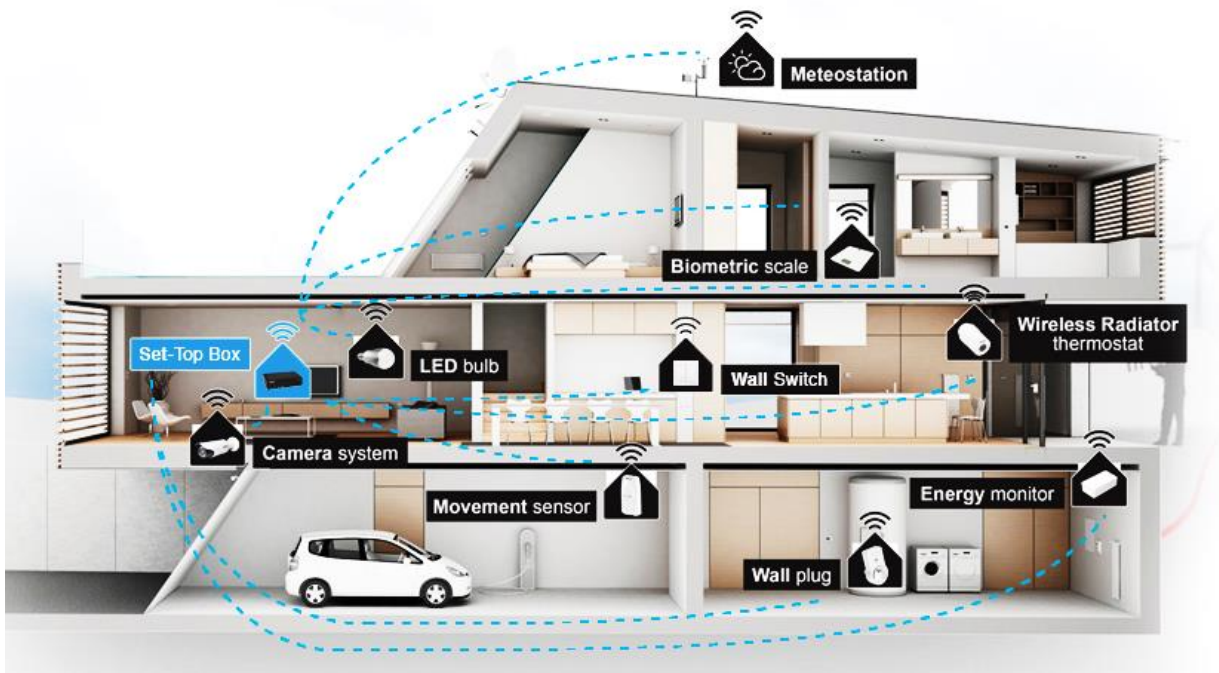


Graf 4.1: Tržište pametnih telefona s 5G tehnologijom – u milijardama dolara, [21]

## 4.2 Pametne kuće i 5G

Zadatak 5G tehnologije je osigurati stabilnu povezanost pametnih kuća, podržavajući IoT uređaje i aplikacije u stvarnom vremenu. Pametne kuće koriste razne tehničke komponente kako bi transformirale tradicionalne domove u pametne okoline. Ove kuće se oslanjaju na različite bežične protokole poput Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave ili Thread. Centralni uređaji poput pametnih hub-ova i mostova djeluju kao posrednici u komunikaciji između uređaja i korisnika [22].

Senzori za praćenje temperature, svjetla, pokreta i drugih parametara omogućuju kući da reagira na okolinu. Glasovni asistenti kao što su *Amazon Alexa* ili *Google Assistant* omogućuju korisnicima glasovno upravljanje uređajima. Pametne kuće također koriste kamere i video uređaje za nadzor u stvarnom vremenu. Rasvjeta se kontrolira putem aplikacija, a kuća se može automatizirati prema željama i potrebama korisnika. Sigurnosni sustavi uključuju kamere, senzore za provalne alarme i pametne brave, a upravljanje energijom pomaže u smanjenju potrošnje. Aplikacije na pametnim telefonima omogućuju korisnicima daljinsko upravljanje svim aspektima svoje pametne kuće, čineći ih energetski učinkovitim, sigurnim i udobnim okruženjem, što se može i vidjeti na slici 10.



Slika 10: Primjer rješenja pametne kuće, [23]

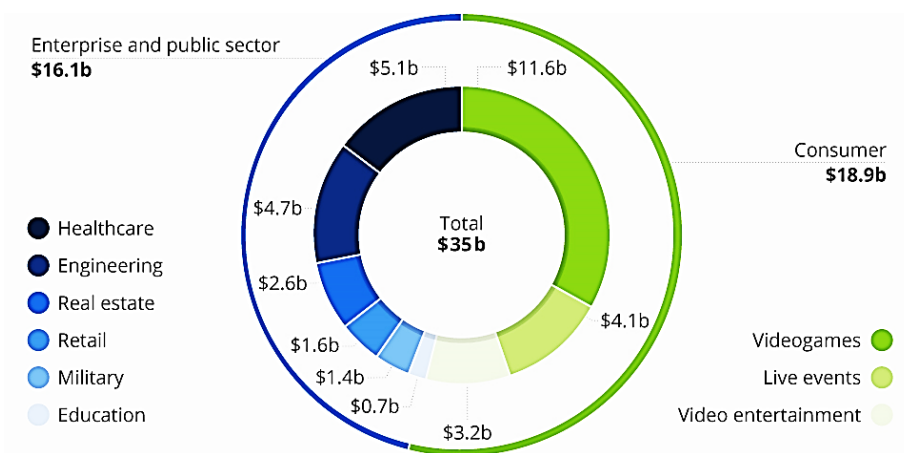
### 4.3 Virtualna stvarnost i 5G

Virtualna stvarnost i 5G tehnologija su spoj koji obećava revolucionirati način na koji doživljavamo digitalni svijet. 5G donosi niz tehničkih mogućnosti koje poboljšavaju VR iskustvo, a jedna od mnogih je definitivno brza i niska latencijska povezanost. Ono omogućuje gotovo trenutno prenošenje velike količine podataka između uređaja i cloud-a. To je ključno za VR jer čak i najmanja latencija, odnosno odgoda prijenosa može uzrokovati nelagodu ili vrtoglavicu kod korisnika VR uređaja. Tehnologija 5G osigurava latenciju manju od jedne milisekunde, što omogućuje potpuno fluidno iskustvo VR-a.

Također, ono podržava masovne komunikacije strojnog tipa (*eng. Massive Machine Type Communications - mMTC*), što znači da može povezivati veliki broj uređaja istovremeno. To je važna stavka za VR jer su uređaji poput VR naočala, senzora pokreta i kontrolera sada povezani i međusobno komuniciraju u stvarnom vremenu.

VR sadržaj poput visokokvalitetnih 360° videozapisa i kompleksnih 3D modela, zahtijeva veliku propusnost mreže, a skladno tome 5G omogućava streaming VR sadržaja visoke razlučivosti bez zastoja.

Kombinacija 5G i VR otvara vrata širokom spektru primjena, od obrazovanja i zabave do medicine i industrije, što i može približiti graf 4.2. Korisnici mogu doživjeti VR iskustva u kvaliteti ili latenciji, dok se stručnjaci mogu koristiti VR-om za daljinsko upravljanje i suradnju. Uz brzinu, pouzdanost i nisku latenciju 5G tehnologije, budućnost VR-a razvija se u jako dobrom pravcu [24].

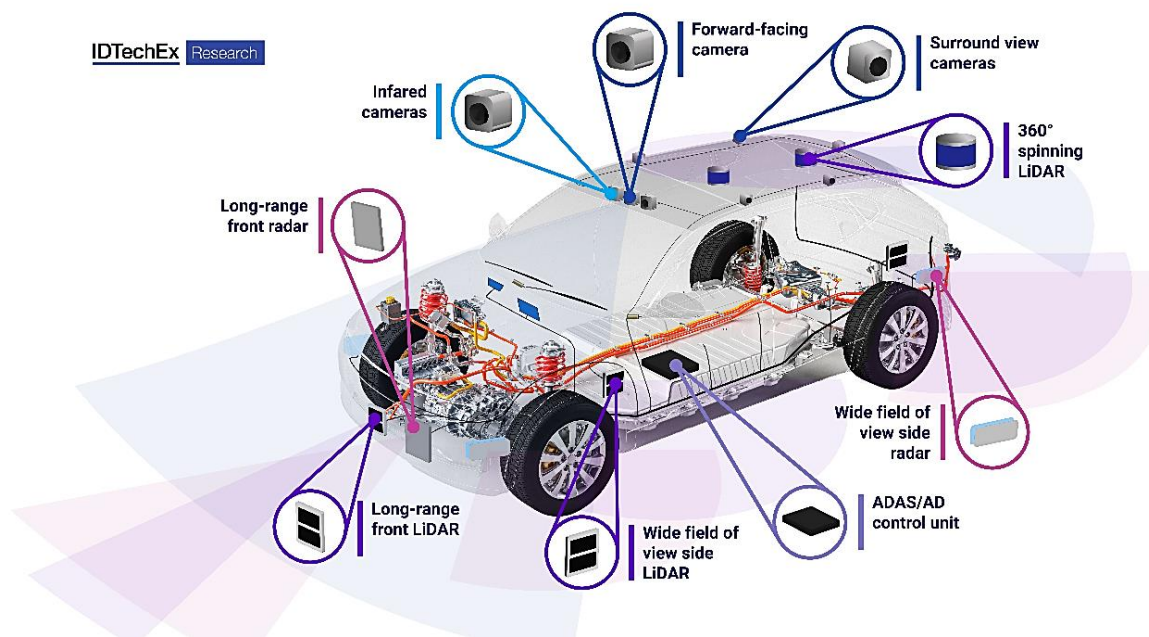


Graf 4.2: Područja primjene virtualne stvarnosti - predviđanja za 2025, [25]



## 4.4 Pametna vozila i 5G

Postojeći autonomni automobili predstavljaju izolirane računalne okoline s ugrađenim hardverom i softverom, kao što prikazuje slika 11. Tijekom vožnje, automobil prikuplja podatke o prometu i okolini putem svoje specifične opreme i raznih senzora, vrši analizu u stvarnom vremenu unutar vozila i šalje lokalne upravljačke naredbe (npr. kočenje, promjena prometne trake, izbjegavanje prepreka) aktuatorima.



Slika 11: Funkcionalnosti pametnog automobila, [26]

Jedan od ključnih budućih izazova s kojim će se autonomna vozila morati suočiti je njihova integracija u gradove budućnosti. Modeli budućih pametnih gradova oslanjaju se na dinamičku i suradničku interakciju između građana i pametnih entiteta, uključujući zgrade i automobile. Smanjenje ugljičnog dioksida te postizanje veće razine sigurnosti i kvalitete života su među krajnjim ciljevima. Međutim, tehnologija i gradovi nisu potpuno spremni za to [27].

Peta generacija mobilne telekomunikacijske mreže smatra se jednim od glavnih čimbenika za ovaj način rada autonomnih vozila. Uz ovu tehnologiju automobili mogu brže i preciznije reagirati na prometne uvjete i situacije na cesti, pridonoseći sigurnijem i učinkovitijem prometu u urbanim sredinama.

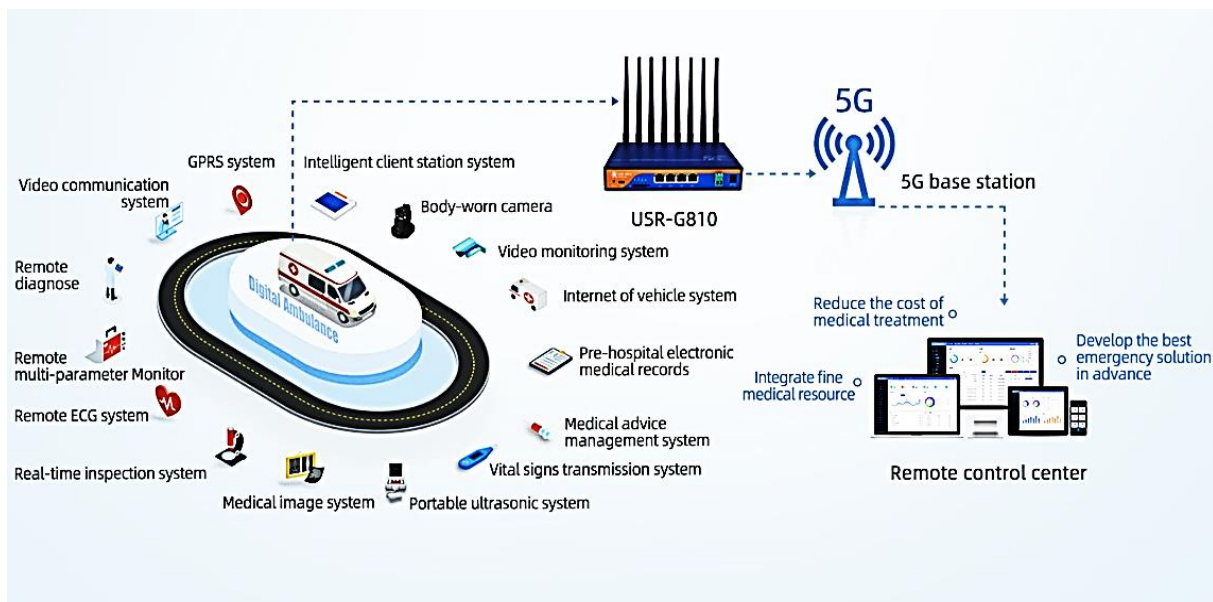


## 4.5 Zdravstvo i 5G

Pametni medicinski uređaji, kao što su nosivi senzori za praćenje vitalnih znakova, pametni satovi i drugi uređaji, postaju sveprisutni u medicinskom okruženju. Ovi uređaji koriste 5G povezivost kako bi u stvarnom vremenu slali podatke o pacijentima, omogućujući medicinskim stručnjacima praćenje pacijenta na daljinu i pravovremene reakcije na promjene u njihovom zdravstvenom stanju.

Telekirurgija, gdje kirurzi koriste daljinske robotičke sustave za izvođenje operacija, također profitira od 5G tehnologije. Brza i stabilna mreža omogućuje precizno upravljanje kirurškim robotima i prijenos visokokvalitetnih video i slikovnih podataka u stvarnom vremenu, osiguravajući sigurnu i uspješnu kiruršku intervenciju.

Proširena (*eng. Augmented reality – AR*) i virtualna stvarnost postaju sveprisutni alati u medicinskoj dijagnostici i obuci. Kombinirajući 5G s potrošačkom elektronikom kao što su AR naočale ili VR headsetovi, medicinski stručnjaci mogu imati bolji uvid u pacijentove anatomske strukture i patološke promjene [28]. Slika 12 prikazuje povezanost i mnoštvo funkcija koje 5G tehnologija doprinosi u medicinsku industriju.



Slika 12: Prisustvo 5G tehnologije u medicinskoj industriji, [29]

## **5. SIGURNOSNI ASPEKTI 5G MREŽE U POTROŠAČKOJ ELEKTRONICI**

Osnovni sigurnosni aspekti uključuju zaštitu osobnih podataka korisnika, zaštitu od napada na mrežu i uređaje te osiguravanje integriteta i povjerljivosti. 5G tehnologija implementira napredne sigurnosne mehanizme kao što su enkripcija podataka, identifikacija uređaja i autentifikacija korisnika kako bi se očuvala sigurnost komunikacije.

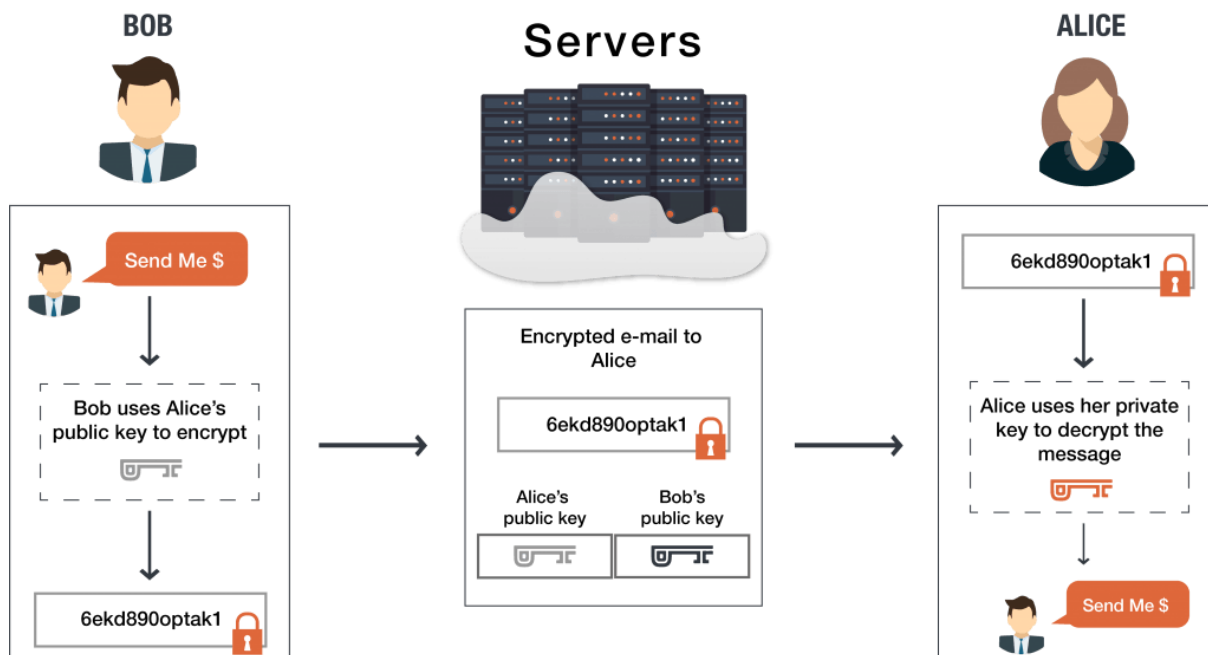
Potencijalne ranjivosti 5G mreže, uključujući moguće napade poput napada na mrežnu infrastrukturu, krađe identiteta i napada na IoT uređaje ne smiju se izostaviti. Ovo poglavlje proučava kako se industrija suočava s tim izazovima i razvija sigurnosne protokole i standarde.

Sigurnosni aspekti 5G mreže u potrošačkoj elektronici od presudnog su značaja za daljnji razvoj ove tehnologije. U konačnici, predložit će se najnovija rješenja i pristupi koji se koriste kako bi se osigurala sigurnost 5G mreže i umreženih uređaja, dodajući posebnu pažnju zaštiti privatnosti korisnika i zaštiti od cyber napada.

### **5.1 Zaštita osobnih podataka korisnika**

Jedan od glavnih izazova u zaštiti osobnih podataka u 5G mrežama jest osigurati da se samo nužni podaci prikupljaju i koriste u svrhe za koje su korisnici dali svoj izričiti pristanak. To uključuje jasno definiranje svrhe prikupljanja podataka i omogućavanje korisnicima da imaju potpunu kontrolu nad svojim osobnim podacima [30].

Važno je implementirati snažne mehanizme šifriranja podataka kako bi se osigurala tajnost i integritet podataka tijekom prijenosa kroz 5G mrežu. Korištenje tehnika poput End-to-end enkripcije može spriječiti neovlašten pristup podacima, dakle osigurava da samo pošiljalac i primatelj poruke mogu pročitati njezin sadržaj, a primjer jednog takvog kriptiranog razgovora prikazuje slika 13. To se postiže šifriranjem poruke na uređaju pošiljalca prije slanja, a zatim dekriptiranjem na uređaju primatelja nakon primitka [31]. Pored toga, 5G mreže trebaju imati napredne sustave za detekciju i sprečavanje sigurnosnih prijetnji, što uključuje praćenje prometa na mreži kako bi se identificirale potencijalno zlonamjerne aktivnosti ili napadi.



Slika 13: Primjer end-to-end enkripcije, [32]

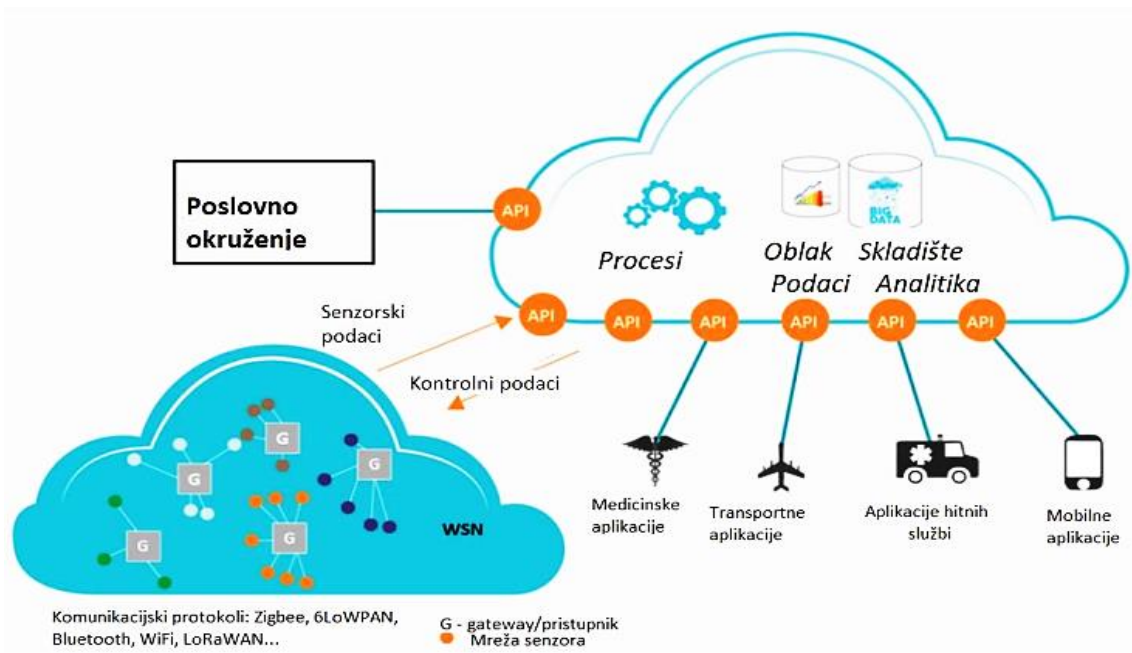
## 5.2 Sigurnost mreže i IoT uređaja

Glavni izazov u sigurnosti IoT uređaja u 5G mrežama je zaštita od potencijalnih napada i zloupotreba. IoT uređaji često imaju ograničene resurse, što ih može učiniti ranjivima na različite oblike napada, uključujući napade na mrežni promet, krađu podataka ili neovlašten pristup istima. Kako bi se osigurala sigurnost IoT uređaja, važno je implementirati snažne autentikacijske mehanizme. Osim toga, enkripcija komunikacije između uređaja i 5G mreže ključna je za zaštitu osjetljivih podataka korištenih tijekom prijenosa tom mrežom.

S obzirom na visoke brzine i kapacitete mreže, potrebno je osigurati da mrežna infrastruktura bude zaštićena od proboja, uključujući DDoS napade, odnosno napade usmjeravanjem velikog broja zahtjeva prema mrežnom resursu kako bi se uzrokovao prekid u radu, ili napade na ranjive mrežne komponente [33].

Kontinuirano ažuriranje i nadogradnja softverskih komponenti IoT uređaja i 5G mreže igra ključnu ulogu u očuvanju sigurnosti. Ranjivosti koje se otkriju trebaju se odmah rješavati. Uzimajući u obzir sve navedeno, sigurnost mreže i IoT uređaja u 5G okruženju zahtijeva integriran pristup koji kombinira tehničke mjere, zakonodavstvo i obrazovanje korisnika kako

bi se osigurala pouzdanost i integritet sve većeg broja povezanih uređaja u digitalnom ekosustavu, a primjer jednog takvog IoT ekosustava prikazan je na slici 14.



Slika 14: IoT ekosustav, [34]

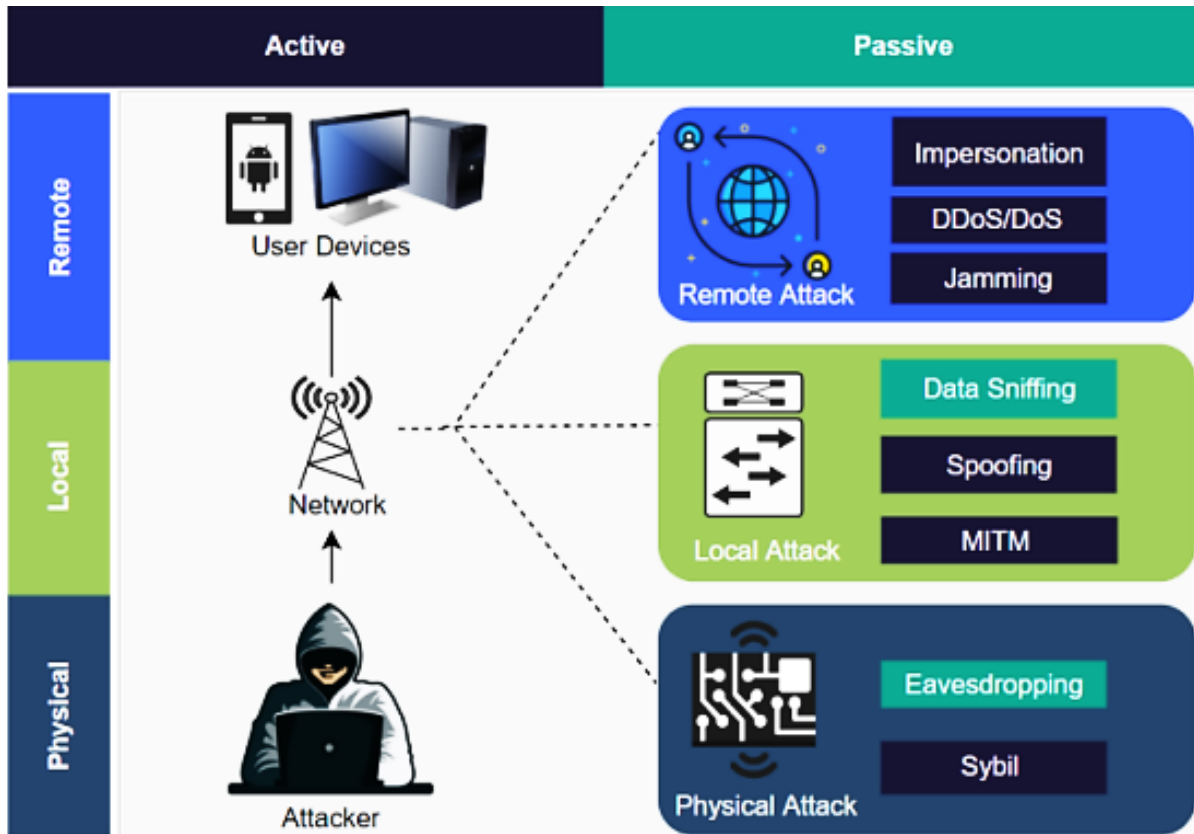
### 5.3 Ranjivosti i cyber prijetnje u 5G mreži

Sigurnosna svojstva kibernetičke sigurnosti poput povjerljivosti, integriteta i dostupnosti u 5G mrežama zahtijevaju višeslojnu autentifikaciju kako bi se spriječile prijetnje. Kibernetičke prijetnje infrastrukturi 5G mreže šire se na dvije vrste napada: pasivne i aktivne. Pasivni napadi, poput prisluškivanja i analize prometa, ne interveniraju u prometu mreže kako bi mijenjali, umetali ili brisali podatke, već pasivno prate podatke koji se prenose, dakle ne mijenjaju stanje sustava niti same podatke.

Aktivni napadi, kao što su ometanje, *sybil*, *spoofing*, impersonacija, čovjek u sredini i uskraćivanje usluge, provode se kako bi se promijenili sustavi i njihovi podaci kompromitiranjem integriteta, povjerljivosti i dostupnosti te da bi se onеспособili operativni sustavi i da bi se izmanipuliralo vrijednim podacima [35].

Edukacija korisnika i osvještavanje o sigurnosti vrlo su važni za sprječavanje napada jer korisnici često igraju ključnu ulogu u otkrivanju prijetnji. Napadači neprestano razvijaju nove

tehnike kako bi izbjegli detekciju, što zahtijeva konstantno ažuriranje sigurnosnih mjera. Potencijalni kibernetički napadi grupirani su prema vjerojatnosti njihovog pojavljivanja i utjecaju na 5G usluge na sljedeći način: napadi izdaleka, lokalni napadi te fizički napadi, čija se podjela vidi na slici 15.



Slika 15: Podjela kibernetičkih napada, [35]

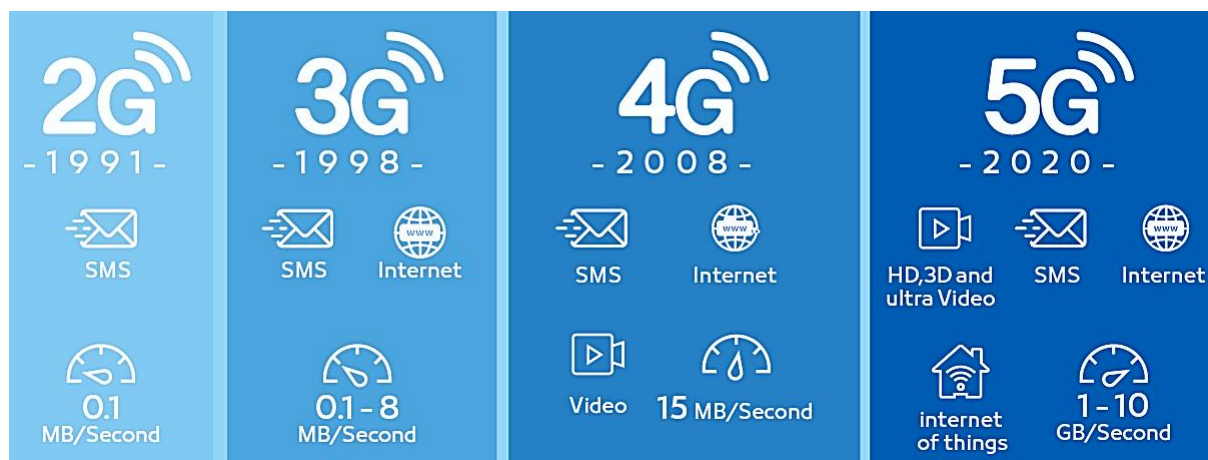
## 6. BUDUĆNOST POTROŠAČKE ELEKTRONIKE TEMELJENE NA 5G TEHNOLOGIJI

Budućnost potrošačke elektronike temeljene na 5G tehnologiji donosi mnoge mogućnosti, ali i izazove. Kroz ulaganje u sigurnost, upravljanje podacima i suradnju na globalnoj razini, mogu se maksimalno iskoristiti prednosti koje nam 5G tehnologija pruža da bi se oblikovala nova digitalna era.

### 6.1 Budući trendovi u svijetu 5G tehnologije

U budućnosti se očekuju značajni trendovi u svijetu 5G tehnologije koji će oblikovati način korištenja potrošačke elektronike. Iako je 5G već uvelike prisutan u nekim razvijenim regijama, mnoge zemlje i ruralna područja još uvijek nemaju potpunu pokrivenost. U idućem razdoblju očekuje se širenje infrastrukture kako bi se omogućila pristupačnost brze 5G mreže diljem svijeta.

S tehnologijom 5G će doći i do ubrzanog razvoja pametnih gradova. Uz nisku latenciju i povećane brzine prijenosa podataka, prikazane usporedno s prošlim generacijama na slici 16, gradovi će moći implementirati pametne tehnologije za praćenje i upravljanje prometom, energetsom učinkovitošću i sigurnošću [36].



Slika 16: Komparacija mobilnih mreža po generacijama, [37]

Pametni gradovi će koristiti senzore i IoT uređaje za poboljšanje kvalitete života građana. Isto tako, već sada se vidi kako se autonomna vožnja razvija, a 5G će omogućiti brzu i pouzdanu komunikaciju između vozila međusobno, između vozila i infrastrukture te između vozila i pješaka. To će poboljšati sigurnost na cestama i otvoriti vrata za nove oblike prijevoza.

## 6.2 Izazovi za 5G područje

Unatoč obećavajućim trendovima, postoje i neki izazovi koji prate razvoj 5G tehnologije, kao što je prikazano na slici 17. Nove mreže bit će znatno složenije od trenutnih i suočavaju se s izazovima vezanim uz kašnjenje i sporo učitavanje datoteka. Ovo se posebno odnosi na aktivnosti kao što su pregledavanje internetskih stranica, preuzimanje video ili audio sadržaja i gledanje online prijenosa u stvarnom vremenu. Ovaj problem proizlazi iz razvoja kvalitete videa, kao što su aplikacije vrlo visokih rezolucija (*eng. Ultra High Definition - UHD*).



Slika 17: Izazovi za područje 5G tehnologije, [38]

5G rješava probleme 4G mreže te omogućuje izvođenje aktivnosti s UHD video i audio sadržajem u stvarnom vremenu. 5G će biti kompatibilan sa svim prethodnim tehnologijama i pružit će brzinu od najmanje 1 Gb/s i više. Glavni izazovi s kojima će se 5G suočiti uključuju korištenje EHF spektra koji nema sposobnost prodiranja kroz prepreke, ograničenu udaljenost širenja signala, buduće izazove u niskim frekvencijama, potrebu za automatizacijom, nisku potrošnju energije, harmonizaciju te dostupnost spektra i uređaja.

Sljedeći od izazova je pitanje sigurnosti. S povećanim brojem povezanih uređaja, raste i potencijal za sigurnosne prijetnje. Hakiranje IoT uređaja i same mreže može dovesti do ozbiljnih problema. Stoga je ključno ulaganje u sigurnosne mjere kao što su enkripcija, autentikacija i praćenje sigurnosti kako bi se zaštitili korisnici i njihovi podaci.

Upravljanje ogromnim količinama podataka također predstavlja jedan od izazova za područje 5G tehnologije. Učinkovito prikupljanje, obrada i analiza podataka bit će ključni za iskorištavanje punog potencijala same 5G mreže. Kao rješenje ovoga smatra se uvođenje umjetne inteligencije i strojnog učenja s ciljem automatizacije procesa.

Nadalje, postoji i pitanje regulacije. Svaka zemlja ima svoje zakone i standarde koji se odnose na 5G, a harmonizacija tih pravila na globalnoj razini može biti izazovna. Potrebna je suradnja između vlada, industrije i regulatornih tijela kako bi se osiguralo dosljedno i učinkovito implementiranje 5G tehnologije [36].



## 7. ZAKLJUČAK

Povećanje brzine prijenosa podataka i minimalna latencija donose mogućnosti za revolucionarne inovacije. Pametni gradovi će postati stvarnost, s mrežama koje podržavaju pametne prometne sustave, energetske učinkovitost i javne usluge. Pametne kuće će se pretvoriti u potpuno povezane ekosustave, gdje će gotovo svaki uređaj biti interoperabilan.

Telemedicina će znatno napredovati, omogućavajući dijagnozu i liječenje na daljinu, dok će autonomna vozila postati sigurnija i učinkovitija zahvaljujući 5G mreži koja omogućava brzu razmjenu podataka međusobno između vozila ili između vozila i prometne infrastrukture.

Međutim, unatoč svim potencijalnim benefitima, 5G područje također predstavlja izazove, uključujući sigurnost i privatnost podataka. Ključno je da se daljnji razvoj tehnologije provodi na pouzdan način, uz poboljšanje enkripcije i sprječavanje kibernetičkih napada.

U budućnosti će 5G tehnologija zasigurno nastaviti evoluirati. Očekuje se da će se proširiti na nova tržišta i potaknuti razvoj novih aplikacija i poslovnih modela. Svi sektori, od zdravstva do prometa, bit će oblikovani naprednom tehnologijom. U konačnici, 5G će imati značajan i trajan utjecaj na naše društvo i način na koji se svakodnevno koristimo potrošačkom elektronikom. Zaključno, razvoj potrošačke elektronike temeljene na 5G tehnologiji obećava neviđene inovacije i znatno bolja korisnička iskustva.

## LITERATURA

- [1] A. Gupta, R. K. Jha. IEEE. A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies; 2015. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7169508> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [2] Knezović G. 5G čak 90% energetske učinkovitiji od LTE-a. Preuzeto s: <https://mreza.bug.hr/5g-cak-90-energetske-ucinkovitiji-od-lte-a/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [3] K. Cengiz, M. Aydemir. IEEE. Next-Generation Infrastructure and Technology Issues in 5G Systems; 2018. Preuzeto s: [https://jcoms.fesb.unist.hr/pdfs/v14n1\\_422\\_cengiz.pdf](https://jcoms.fesb.unist.hr/pdfs/v14n1_422_cengiz.pdf) [Pristup: kolovoz 2023.]
- [4] Džaja J. Telekomunikacijski sustavi 5. generacije. Diplomski rad. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet informatike u Puli. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:206658> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [5] Branko Burazer. Hrvatski zavod za norme. Budućnost mobilnih komunikacija i izazovi normizacije. Preuzeto s: <https://www.scribd.com/document/357205426/EIS-Budu%C4%87nost-Mobilnih-Komunikacija-i-Izazovi-Normizacije> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [6] StackOverflow. What exactly is Software-Defined Networking (SDN)? Preuzeto s: <https://stackoverflow.com/questions/28084796/what-exactly-is-software-defined-networking-sdn> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [7] 5G Technology World. Overcome 5G mmWave measurement issues. Preuzeto s: <https://www.5gtechnologyworld.com/overcome-5g-mmwave-measurement-issues/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [8] Zhouyue Pi, Farooq Khan. IEEE. An introduction to millimeter-wave mobile broadband systems; 2011. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5783993> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [9] Theodore S. Rappaport, Shu Sun, Rimma Mayzus. IEEE. Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work!; 2013. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6515173> [Pristup: kolovoz 2023.]

- [10] Verkotan. Beamforming Antennas –How they work and are tested? Preuzeto s: <https://verkotan.com/2021/beamforming-antennas-how-they-work-and-are-tested/>  
[Pristup: kolovoz 2023.]
- [11] ElProCus. About Multiple Input Multiple Output (MIMO) Technology. Preuzeto s: <https://www.elprocus.com/mimo-multiple-input-multiple-output-technology/>  
[Pristup: kolovoz 2023.]
- [12] Xenofon Foukas; Georgios Patounas, Ahmed Elmokashfi. IEEE. Network Slicing in 5G: Survey and Challenges; 2017. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7926923>  
[Pristup: kolovoz 2023.]
- [13] TridensTechnology. What is 5G Network Slicing? Preuzeto s: <https://tridenstechnology.com/what-is-5g-network-slicing/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [14] Armin Balalaie, Abbas Heydarnoori, Pooyan Jamshidi. IEEE. Microservices Architecture Enables DevOps: Migration to a Cloud-Native Architecture; 2016. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7436659> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [15] TheNewStack. Why Those Gaps in Kubernetes Are Really a Good Thing. Preuzeto s: <https://thenewstack.io/why-those-gaps-in-kubernetes-are-really-a-good-thing/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [16] 5G Technology in Europe. Regulatory Measures. Preuzeto s: <https://map.sciencemediahub.eu/5g#m=3/1213.06201/116.30181,p=115>  
[Pristup: kolovoz 2023.]
- [17] Syed Junaid Nawaz, Shree Krishna Sharma, Mohammad N. Patwary. IEEE. Next-Generation Consumer Electronics for 6G Wireless Era; 2021. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9579014> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [18] Statista.com. Consumer Electronics. Preuzeto s: <https://www.statista.com/markets/418/topic/485/consumer-electronics/#statistic1>  
[Pristup: kolovoz 2023.]
- [19] APWireless. The Incredible Impacts of 5G for Business and Consumer Life. Preuzeto s: <https://www.apwireless.co.uk/the-incredible-impacts-of-5g-for-business-and-consumer-life/>  
[Pristup: kolovoz 2023.]

[20] Luca Chiaraviglio, Chiara Lodovis, Stefania Bartoletti. IEEE. Dominance of Smartphone Exposure in 5G Mobile Networks. Preuzeto s:

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10059235>

[Pristup: kolovoz 2023.]

[21] Polaris Market Research. 5G Smartphone Market. Preuzeto s:

<https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/5g-smartphone-market>

[Pristup: kolovoz 2023.]

[22] Bruno Dzogovic, Bernardo Santos, Josef Noll. Enabling Smart Home with 5G Network Slicing. Preuzeto s:

[https://its-wiki.no/images/1/18/SmartHome\\_5G\\_NetworkSlice\\_Dzogovic.pdf](https://its-wiki.no/images/1/18/SmartHome_5G_NetworkSlice_Dzogovic.pdf)

[Pristup: kolovoz 2023.]

[23] Antik Technology. ANTIK Smart Home Systems. Preuzeto s:

<http://www.antiktech.com/en/digital-signagebr--smart-home/smart-home>

[Pristup: kolovoz 2023.]

[24] Henry Mathews Kusuma, Vinod Kumar Shukla, Shaurya Gupta. IEEE. Enabling VR/AR and Tactile through 5G Network; 2021. Preuzeto s:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9510181> [Pristup: kolovoz 2023.]

[25] Statista.com. The Diverse Potential of VR & AR Applications. Preuzeto s:

<https://www.statista.com/chart/4602/virtual-and-augmented-reality-software-revenue/>

[Pristup: kolovoz 2023.]

[26] Adas&Autonomus Vehicle. Autonomous vehicle trends and milestones from 2022 and what to expect in 2023. Preuzeto s:

<https://www.autonomousvehicleinternational.com/news/robotaxis/autonomous-vehicle-trends-and-milestones-from-2022-and-what-to-expect-in-2023.html#prettyPhoto>

[Pristup: kolovoz 2023.]

[27] Fatma Raissi, Sami Yangui, Frederic Camps. IEEE. Autonomous Cars, 5G Mobile Networks and Smart Cities: Beyond the Hype; 2019. Preuzeto s:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8795429> [Pristup: kolovoz 2023.]

[28] Ali Hassan Sodhro, Madad Ali Shah. IEEE. Role of 5G in medical health; 2017.

Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7916586> [Pristup: kolovoz 2023.]

- [29] Pusr.com. 5g Intelligent Medical Emergency Solution. Preuzeto s: <https://www.pusr.com/news/5g-intelligent-medical-emergency-solution.html> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [30] John A. Khan, MD Minhaz Chowdhury. IEEE. Security Analysis of 5G Network; 2021. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9491923> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [31] Ashutosh Dutta, Eman Hammad. IEEE. 5G Security Challenges and Opportunities: A System Approach; 2020. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9221122> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [32] Preveil.com. What is end-to-end encryption and how does it work? Preuzeto s: <https://www.preveil.com/blog/end-to-end-encryption/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [33] Mónika Fodor, Patrik Viktor. IEEE. IOT devices and 5G network security option from generation aspects; 2022. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9922850> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [34] Gelo D. (2019) Internet Of Things (IoT) - Izazovi i mogućnosti cyber sigurnosti povezane s IoT-om. Specijalistički diplomski stručni. Visoko učilište Algebra. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/algebra%3A428/datastream/PDF/view> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [35] Jaya Preethi Mohan, Niroop Sugunraj, Prakash Ranganathan. IEEE. Cyber Security Threats for 5G Networks; 2022. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9813965> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [36] Sakshi Painuly, Sachin Sharma, Priya Matta. IEEE. Future Trends and Challenges in Next Generation Smart Application of 5G-IoT; 2021. Preuzeto s: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9418471> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [37] PurplePass. 3G,4G, & 5G Internet: What Is The Difference? Preuzeto s: <https://www.purplepass.com/blog/3g4g-5g-internet-what-is-the-difference/> [Pristup: kolovoz 2023.]
- [38] Juniper Networks. Five 5G Security Challenges that Service Providers Need to Tackle. Preuzeto s: <https://blogs.juniper.net/en-us/service-provider-transformation/five-5g-security-challenges-that-service-providers-need-to-tackle> [Pristup: kolovoz 2023.]

## POPIS KRATICA

IOT	(Internet of Things) Internet stvari
ITU	(International Telecommunication Union) Međunarodna unija za telekomunikacije
3GPP	(The 3rd Generation Partnership Project) Treća generacija partnerskog programa
SDN	(Software Defined Networking) softverski definirana mreža
MIMO	(Multiple Input Multiple Output) višestruki ulaz višestruki izlaz
NFV	(Network Function Virtualization) virtualizacija funkcije mreže
EHF	(Extremely High Frequency) ekstremno visoka frekvencija
GDPR	(General Data Protection Regulation) Opća uredba zaštite podataka
VR	(Virtual Reality) virtualna stvarnost
mMTC	(Massive Machine Type Communications) masovna komunikacija strojnog tipa
AR	(Augmented reality) proširena stvarnost
DDoS	(Distributed denial of service) distribuirani napad uskraćivanjem resursa
UHD	(Ultra High Definition) ultra visoka razlučivost

## POPIS SLIKA

Slika 1: Svijet uz 5G tehnologiju .....	3
Slika 2: Temeljne komponente 5G mreže .....	4
Slika 3: SDN - softverski definirane mreže .....	5
Slika 4: mmWave frekvencijski spektar.....	7
Slika 5: Zračenje antene beamforming tehnikom .....	8
Slika 6: MIMO tehnologija .....	9
Slika 7: Raslojavanje mreže - Network slicing .....	10
Slika 8: Cloud-native arhitektura .....	11
Slika 9: Potrošačka elektronika kao dio svakodnevnice .....	12
Slika 10: Primjer rješenja pametne kuće .....	16
Slika 11: Funkcionalnosti pametnog automobila .....	18
Slika 12: Prisustvo 5G tehnologije u medicinskoj industriji.....	19
Slika 13: Primjer end-to-end enkripcije .....	21
Slika 14: IoT ekosustav .....	22
Slika 15: Podjela kibernetičkih napada .....	23
Slika 16: Komparacija mobilnih mreža po generacijama .....	24
Slika 17: Izazovi za područje 5G tehnologije .....	25

## **POPIS GRAFOVA**

Graf 3.1: Prihod tržišta potrošačke elektronike - u milijardama američkih dolara .....	14
Graf 4.1: Tržište pametnih telefona s 5G tehnologijom – u milijardama dolara .....	15
Graf 4.2: Područja primjene virtualne stvarnosti - predviđanja za 2025 .....	17



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je **završni rad** isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se naobjavljenju literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedandio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedandio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten zabilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu **završnog rada** pod naslovom **Razvoj 5G mreže i njezin utjecaj na potrošačku elektroniku**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 05.09.2023.

Student:

Luka Čop, Čop Luka

(ime i prezime, potpis)