

POSLOVNA PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE

Vučković, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of economics Split / Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:124:668315>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-12**

Repository / Repozitorij:

[REFST - Repository of Economics faculty in Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

EKONOMSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

POSLOVNA PRIMJENA 5G TEHNOLOGIJE

Mentor:
Prof. dr. sc. Marko Hell

Student:
Ante Vučković

Split, Lipanj, 2023

Sadržaj:

1. UVOD.....	1
1.1. Problem istraživanja	1
1.2. Predmet istraživanja	1
1.3. Svrha i ciljevi istraživanja.....	2
1.4. Istraživačka pitanja.....	3
1.5. Doprinos istraživanja.....	6
1.6. Metode istraživanja	7
1.7. Struktura diplomskog rada.....	8
2. PREGLED GENERACIJA POKRETNIH MREŽA.....	9
2.1. Prva generacija pokretnih mreža – 1G	11
2.2. Druga generacija pokretnih mreža – 2G.....	12
2.3. Treća generacija pokretnih mreža – 3G.....	13
2.4. Četvrta generacija pokretnih mreža – 4G	15
2.5. Uvod u petu generaciju pokretnih mreža – 5G	16
3. ARHITEKTURA 5G POKRETNE MREŽE.....	17
4. RAZVOJ, KARAKTERISTIKE I PREDNOSTI MOBILNE MREŽE PETE GENERACIJE U ODNOSU NA 4G.....	21
4.1. Razvoj 5G pokretne mreže	21
4.2. Karakteristike 5G pokretne mreže.....	22
4.3. Prednosti 5G pokretne mreže u odnosu na 4G.....	24
5. POSLOVNA I PRIVATNA ŠIROKA PRIMJENA 5G POKRETNE MREŽE.....	26
5.1. Poslovna primjena 5G pokretne mreže.....	26
5.2. Privatna široka primjena 5G pokretne mreže.....	29
6. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE.....	32
6.1. Metodologija istraživanja	32

6.2. Rezultati istraživanja	35
7. ZAKLJUČAK	45
LITERATURA.....	48
POPIS TABLICA.....	50
POPIS GRAFIKONA.....	51
PRILOZI – ANKETNI UPITNIK.....	52
SAŽETAK	56
SUMMARY	57

1. UVOD

1.1. Problem istraživanja

Mobilna bežična industrija započela je sa ekspanzijom i rastom od ranih 1970-ih. U posljednjih nekoliko desetljeća mobilne bežične tehnologije su proživjele razvoj od 1G tehnologije pa do trenutno korištene 4G tehnologije, te 5G tehnologije koja je u razvoju.

Telekomunikacijska usluga u svijetu doživjela je veliki skok u posljednjih nekoliko godina. 6 milijardi ljudi posjeduje mobilni telefon, pa će se analizirati razvoj, karakteristike i prednosti 5G mreže nad bežičnim mrežama starijih generacija.

U bliskoj budućnosti neki od glavnih ciljeva koji se trebaju riješiti su povećani kapacitet, poboljšana brzina prijenosa podataka, smanjena kašnjenja i bolja kvaliteta usluga. Kako bi se ispunili ovi zahtjevi, potrebno je drastično poboljšati arhitekturu mobilne mreže. Ovaj rad predstavlja rezultat istraživanja i razmišljanja korisnika o prednostima i manama 5G tehnologije u odnosu na starije generacije bežičnih mreža, prvenstveno 4G.

Obraditi će se također financijska podloga, odnosno isplativost 4G tehnologije te koliko je uvođenje iste „value for money“ za prosječnu privatnu i pravnu osobu. Pokušati će se odrediti da li će 5G tehnologija biti uvedena samo na uskim područjima znanstvenih institucija i složenih poslovnih kompleksa ili u svakome kućanstvu.

5G tehnologija predstavlja napredak te ujedno izazov za realizaciju koji bi trebao donijeti veću brzinu protoka informacija, sigurnost i stabilnost mreže.

1.2. Predmet istraživanja

Sukladno očekivanjima, već u bliskoj budućnosti pokretne mreže četvrte generacije (4G) neće više biti u mogućnosti u potpunosti zadovoljiti naglo rastuće potrebe za kvalitetnim povezivanjem sve većeg broja različitih uređaja. Stoga se intenzivno radi na razvoju mrežnih arhitektura i tehnologija koje će omogućiti još veći kapacitet i brzinu prijenosa, uz smanjenje kašnjenja i poboljšanje kvalitete usluge – mreže pete generacije (5G). Potrebno je sustavno analizirati moguće mrežne arhitekture i tehnologije za 5G mreže, vodeći računa o njihovim različitim aspektima (performanse, kvaliteta usluge, sigurnost, energetska učinkovitost...).

Analizirati njihove mogućnosti implementacije i primjene kroz različite scenarije. Napraviti sustavan pregled trenutnog stanja razvoja 5G tehnologije, i istaknuti glavne smjernice njihovog budućeg razvoja.

1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha ovog rada je istražiti i prikazati razvoj, karakteristike i prednosti pokretne mreže pete generacije (5G) u odnosu na starije generacije mobilnih mreža. Napraviti će se komparativna analiza 4G i 5G mreža s aspekta poslovne primjene. To znači utvrditi ključne karakteristike i prema njima istaknuti osnovne značajke koje utječu na poslovanje

Ciljeve istraživanja možemo sažeti na sljedeći način:

- utvrditi osnovne značajke 4G i 5G u kontekstu primjene građana¹

Korisnik primjenom 5G tehnologije u trenutnom stadiju razvoja ne dobiva preveliku prednost u zamjenu za 4G tehnologiju. 5G tehnologija iako nudi značajno veće brzine, ima mnogo manji doseg te je problem što će implementacija 5G tehnologija tražiti značajne novčane izdatke² koje će teleoperateri pokušati prebaciti na građane. 5G tehnologija u sadašnjem stadiju razvoja ne nudi dovoljne prednosti koje bi nadvisile troškove koje ona iziskuje. Prosječnog građanina zadovoljava brzina od oko 20 MBps ali zahtjeva da veza bude stabilna te da vezu ima na području cijele države. Troškovi 5G mreže premašuju koristi iste za prosječnog građanina te su trenutno teleoperateri u velikom izazovu oko implementacije iste.

- utvrditi nove mogućnosti primjene 5G tehnologije u poslovanju³

5G tehnologija omogućava značajno veće brzine uz kratka kašnjenja. Sve to omogućuje brojne poslovne primjene. Moći će se održavati sastanci sa različitih geografskih površina bez prekidanja u prijenosu. Također moći će se realizirati potpuna cloud pohrana podataka zbog velikih brzina, te će fizičko pohranjivanje podataka postati u potpunosti ne potrebno. 5G

¹ INNOVATION: *What Is 5G and How I sit Ushering in a New Hyperconnected Age?*, URL: https://www.innovation-hub.com/society/what-is-5g/?_ad=11551547647

² Kharif, O., Moritz, S. (2017): *Upgrade to 5G Cost \$200 Billion a Year, May Not Be Worth It*, URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-18/upgrade-to-5g-costs-200-billion-a-year-and-may-not-be-worth-it#xj4y7vzkg>

³ Patterson, D., Nandi, A. (2019): *5G explained: How it works, who it will impact, and when we'll have it*, URL: <https://www.cbsnews.com/news/5g-explained-how-it-works-who-it-will-impact-and-when-well-have-it/>

tehnologija uz to donosi velike brzine preuzimanja i prijenosa podataka te će tako olakšati i ubrzati transfer podataka u realnom vremenu.

- Napraviti usporedni prikaz 4G i 5G⁴

Tablica 1 Usporedba 4G i 5G

Karakteristike za usporedbu	4G	5G
brzina	do 150 MBps	do 1TBps
pokrivenost	93% države ⁵	uski prostori u gradovima
cijena	već unutar postojećih prihvatljivih tarifa	potrebni značajni dodatni izdatci u infrastrukturu
stabilnost veze	vrlo stabilna	izuzetno stabilna

Izvor: Izrada autora

Vidljivo je da je prednost 5G mreže u brzini te stabilnosti veze, ali to prosječnom potrošaču ne znači mnogo kada on već ima vrlo dobru brzinu na 4G mreži⁶, te solidnu stabilnost. Uz to cijena 4G tehnologije koja je već implementirana je značajno niža te pruža pokrivenost unutar granica cijele države što je prosječnom korisniku značajno i bitno.

1.4. Istraživačka pitanja

U svrhu ostvarenja ciljeva rada potrebno je odgovoriti na sljedeća istraživačka pitanja:

1. Koja je trenutna primjena 4G tehnologije i koja su njena ograničenja?

4G tehnologija ima širok spektar primjene u poslovanju i životu privatnih osoba, zahvaljujući velikim brzinama koje tehnologija omogućava (preko 100MBps) i visokoj protočnosti podataka koriste je svi, od obrazovnih ustanova, medicinskog osoblja, proizvodnih postrojenja pa sve do običnih ljudi kojima služi za korištenje multimedijских sadržaja (film, glazba) i općenito pristupa sadržaju relaksirajućeg karaktera. O primjeni 4G tehnologiji ovisi

⁴ Jansen, M. (2022): *5G vs. 4G: How does the newest network improve on the last?*, URL: <https://www.digitaltrends.com/mobile/5g-vs-4g/>

⁵ Tele2: *Karta pokrivenosti*, URL: <https://www.tele2.hr/kartapokrivenosti/>

⁶ Hrvatski Telekom: *Koliko je 5G zaista brz?*, URL: <https://www.hrvatskitelekom.hr/5g>

više gospodarskih grana, kako indirektno tako i indirektno(npr. telekomi i njegovi zaposlenici pružaju uslugu 4G mreže poslovnim i privatnim subjektima te tako vrše poslovanje).

Iako je koncept 4G tehnologije u vrlo kratko vrijeme postao popularan, limitiranost rasprostranjenosti 4G tehnologije je još uvijek značajan problem u pojedinim regijama i područjima (npr. u Republici Hrvatskoj dio ruralnih krajeva nije pokrivena 4G mrežom). Pa ipak zbog urbanizacije te većine gospodarskih aktivnosti bazirane u gradovima ovo ne predstavlja veliki problem poslovanju, već isključivo kvaliteti života privatnih osoba tj. građana na ovim područjima.

4G tehnologija također koristi veliki broj antena i odašiljača koje zauzimaju veliki prostor na gradskim područjima, posebice zbog toga što ima više teleoperatera koji nude svoje usluge te koriste svoju infrastrukturu. Sve zemlje u Europi su većinom liberalno ekonomski nastrojene te dopuštaju ekonomske slobode i slobodno tržište, te sukladno tome nema ograničenja postavljene infrastrukture ukoliko nema dokazanih negativnih utjecaja na građane.

Još jedno ograničenje 4G tehnologije je to što ona značajno više koristi bateriju mobilnih uređaja nego standarda veza preko WiFi-ja odnosno veza preko internetskog router-a. Ovaj problem je značajan za sve korisnike, ali posebice za one poslove kojima profiti i poslovanje ovise o dužini baterije i njenom ekonomičnom korištenju.

2. Koju su tehničke prednosti 5G nad 4G tehnologijom?⁷

5G tehnologija donosi 3 glavne prednosti:

- veću brzinu – predviđeno povećanje brzine prijenosa podataka je 10 puta veće u 5G tehnologije nego li je to moguće kod 4G tehnologije. To će imati veliki pozitivni utjecaj na poslovni i privatni svijet (npr. sa 4G tehnologijom, preuzimanje filma visoke rezolucije bi potrajalo pri brzini od 50MBps otprilike 10 minuta. Sa 5G tehnologijom i projiciranim brzinama od 1TBps to bi potrajalo 30 sekundi).
- kraća kašnjenja – iako to nije uvijek uočljivo, često je kratko vremensko odstupanje od vremena slanja podataka do primanja istih. 5G bi trebao značajno smanjiti tzv. latenciju, omogućavajući npr. gledanje brzih videozapisa iz virtualne stvarnosti bez kašnjenja, dakle u stvarnom vremenu.

⁷ Hill, S. (2019): *5G will undoubtedly be faster than LTE, but here's how else it will be different*, URL: <https://www.digitaltrends.com/mobile/5g-vs-lte/>

- povećana/olakšana povezanost – infrastruktura potrebna za realizaciju 5G tehnologije ima značajno veći kapacitet mreže od 4G tehnologije. Što znači da će više uređaja i više ljudi moći komunicirati u isto vrijeme.

3. Koje su usporedive karakteristike 4G i 5G tehnologije u kontekstu poslovanja?

5G tehnologija i njena implementacija donosi značajna poboljšanja u poslovanju od kojih će se rad usredotočiti na najznačajnije:

- 4G tehnologija ima brzinu u prosjeku oko 100 MBps, dok će brzina kod 5G tehnologije iznositi u prosjeku 1TBps, ova promjena olakšava i ubrzava prijenos velikih količina podataka u velikim korporacijama, također mogućnost većih brzina olakšava korištenje cloud tehnologije na kojoj se zasniva budućnost pohrane podataka, samim time smanjuje se potreba za hardverskom pohranom podataka, te time smanjuju troškovi tvrtkama.
- kraća kašnjenja – 5G tehnologija donosi smanjenje „latencije“ ili kašnjenja, ovime se omogućava (npr. poslovni sastanci iz različitih država i kontinenata u stvarnom vremenu bez sastajanja u istoj prostoriji), također se olakšaju svi oblici komunikacije i prijenosa podataka te se smanjuje trošak izgubljenog vremena.
- manje infrastrukture za isti efekt – 5G tehnologija ima suvremeniju infrastrukturu odnosno potreban joj je značajno manja količina antenskih prijamnika itd. za postići isti efekt odnosno količinu uređaja koji mogu normalno funkcionirati koristeći iste.

4. Koje su prepreke implementacije 5G tehnologije u poslovanje?

Postoji više prepreka pri implementaciji 5G tehnologije od kojih su najznačajniji:

- uvođenje i pokrivanje - unatoč tome što 5G nudi značajno povećanje brzine i širine pojasa, njegov ograničeni raspon zahtijevat će daljnju izgradnju infrastrukture. Više frekvencije omogućuju visoko usmjerene radio valove. Izazov je da 5G antene, koje mogu upravljati s većim brojem korisnika i podataka, ali se emitiraju se na kraćim udaljenostima, postave na dovoljno zgusnutom području za široku upotrebu.
- trošak izgradnje – izgradnja mreže je skupa, a teleoperateri će taj novac pokušati prikupiti povećavanjem mobilnih i fiksnih cijena pretplata što će direktno utjecati na standard građana. Procijenjeni globalni troškovi za uvođenje 5G tehnologije samo do

2023. godine se procjenjuju na 88 milijardi dolara, te će puna implementacija biti velik izazov s troškovne strane.

- implementacija u uređaje – veliki izazov predstavlja ugradnja 5G mreže u standardizirane mobilne uređaje, ne zbog tehničke ne mogućnosti nego zbog trenutnih visokih troškova, tako da se postavlja pitanje hoće li prosječan kupac biti voljan i u mogućnosti kupiti trenutno značajno skuplje mobilne telefone sa implementiranom 5G tehnologijom.

5. Mogućnost korištenja 5G tehnologije za fizičke osobe?

Jedan od najvećih problema 5G tehnologije jest kratak domet, odnosno da bi se 5G mreža koristila masovno trenutno bi bilo potrebno izgraditi ogromnu infrastrukturu što uzrokuje visoke troškove. Tako da je 5G tehnologija u trenutnim svojim začetcima planirana samo na uskim područjima sveučilišnim centara i poslovnih središta.

1.5. Doprinos istraživanja

Doprinos istraživanja ovog rada je odrediti put razvoja, karakteristike te prednosti i mane 5G tehnologije u odnosu na starije bežične mreže sa naglaskom na 4G tehnologiju.

Rad ispituje upotrebljivost 5G tehnologije, njenu primjenu u poslovanju, te kolike ona ima prednosti u odnosu na starije oblike pokretnih mreža. 5G tehnologija kao budućnost ima nekoliko problema i nedoumica kod implementacije u očima struke i građanstva, te će ovaj rad na to pokušati dati odgovor.

Rezultati rada mogu poslužiti kao smjernice za daljnje promišljanje implementacije i marketinške strategije 5G tehnologije, uzimajući u obzir različite profile korisnika i njihove potrebe. Također, naglašava se potreba za edukacijom o prednostima 5G tehnologije i njenim poslovnim primjenama kako bi se povećala njena prihvaćenost među korisnicima.

1.6. Metode istraživanja

Prilikom izrade diplomskog rada korištene su sljedeće znanstvene metode istraživanja:

- metoda generalizacije – obilježja posebnog i pojedinačnog pojma misaono transformirati u obilježja općeg pojma, u opći, generalni zaključak. U radu će se ova metoda koristiti kada na temelju pojedine značajne karakteristike bežičnih tehnologija kreirano generalno mišljenje.
- metoda specijalizacije – misaoni postupak kojim se od općeg pojma dolazi do novog pojma, užeg po opsegu a bogatijeg po sadržaju. U radu će se 5G tehnologija kao širok pojam objasniti preko više manjih odnosno postupkom specijalizacije.
- induktivna metoda – način zaključivanja u kojem se na temelju pojedinačnih činjenica dolazi do zaključka o općem sudu. Na temelju pojedinih karakteristika 5G tehnologije doći će do zaključka o mogućnosti poslovne primjene.
- metoda sinteze – postupak znanstvenog istraživanja i objašnjavanja stvarnosti putem spajanja, sastavljanja, jednostavnih misaonih tvorevina u složene dijelove i elemente u jedinstvenu cjelinu. U radu će se na temelju manjih misaonih cjelina (npr. nabrojene određene karakteristike 5G tehnologije sastaviti cjelina tj. karakteristike 5G tehnologije).
- metoda kompilacije – postupak preuzimanja tuđih rezultata znanstveno istraživačkog rada, tj. tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja. Koristiti će se više znanstvenih radova da bi se dobilo na ozbiljnosti rada o 5G tehnologiji.
- metoda analize – postupak znanstvenog istraživanja i objašnjenja stvarnosti putem raščlanjivanja složenih misaonih tvorevina za njihove jednostavne sastavne dijelove. Analizirati će se činjenice o 5G tehnologiji te će se na temelju njih dobiti zaključak.
- metoda deskripcije – postupak jednostavnog opisivanja ili ocrtavanja činjenica, procesa i predmeta u prirodi i društvu. Opisati će se činjenice o svih 5 generacija pokretnih mreža.
- metoda klasifikacije – sistematska i potpuna podjela općeg pojma na posebne, koje taj pojam obuhvaća. U radu će se vršiti podjela općih pojmova 5G i 4G tehnologije na posebne

1.7. Struktura diplomskog rada

Ovaj se rad sastoji od sedam cjelina.

U prvom poglavlju tj. uvodnom dijelu rada daje se odgovor na problem istraživanja, predmet istraživanja, ciljeve istraživanja te istraživačke hipoteze. Ukratko se opisuju doprinos istraživanja te metode koje su se koristile u istraživanju. Na kraju je prikazana struktura i sadržaj diplomskog rada.

Drugi dio rada sadrži pregled generacija pokretnih mreža. U ovoj cjelini, analizira se evolucija mobilnih mreža kroz različite generacije, počevši od prve generacije (1G) do najnovije pete generacije (5G). Svaka generacija je pregledana sa svojim karakteristikama i razvojem.

Treća cjelina fokusira se na arhitekturu pete generacije mobilnih mreža (5G), pružajući detaljan pregled kako je ova tehnologija strukturirana i kako radi.

U četvrtom poglavlju je obrađen razvoj pete generacije mobilnih mreža, analizirajući karakteristike koje je čine jedinstvenom u odnosu na prethodnu 4G tehnologiju. Navedene su prednosti 5G-a u usporedbi s 4G-om, uključujući i brzinu, kapacitet i latenciju.

Peti dio rada se bavi poslovnim i privatnim aspektima primjene 5G tehnologije. Razmatra se kako 5G mreža utječe na poslovne modele i koje su potencijalne primjene u različitim industrijama.

Šesto poglavlje odnosi se na empirijsko istraživanje. Opisana je metodologija i izneseni su rezultati istraživanja.

U zaključku se sažeto sumiraju ključni nalazi istraživanja i ističu se glavni doprinosi ovog rada u razumijevanju uloge i utjecaja 5G tehnologije u poslovnom okruženju.

Na kraju rada nalazi se pregled literature, tablica, grafova i prilog anketnog upitnika te sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku.

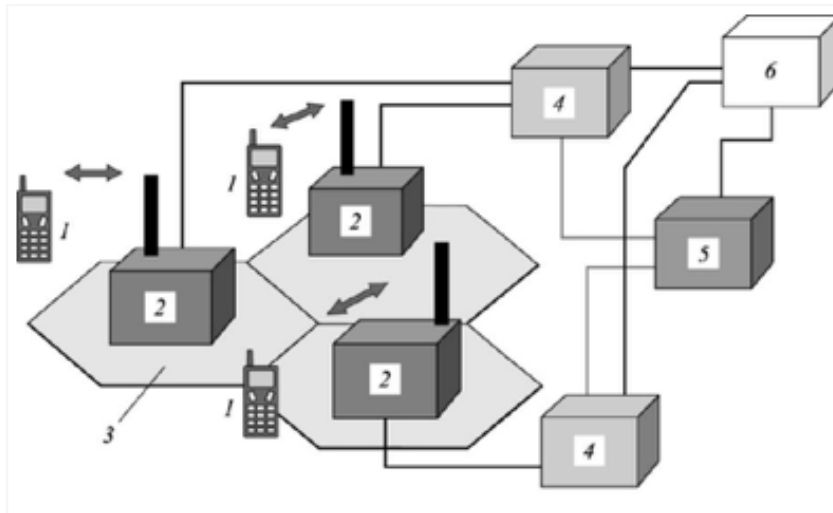
2. PREGLED GENERACIJA POKRETNIH MREŽA

Javne pokretne telekomunikacije predstavljaju sistem bežične pokretne (mobilne) telefonije u kojem korisnici mogu komunicirati dok su u kretanju, pri raznolikim brzinama od hoda do leta zrakoplovom. Funkcioniranje mobilnih uređaja povezano je s općom mobilnom telekomunikacijskom mrežom, koja se temelji na standardu Globalnog sustava za mobilnu komunikaciju (GSM).⁸

Izuzimajući satelitske pokretne telekomunikacije, ključni dijelovi takvog komunikacijskog sustava su nepomična (stacionarna) bazna stanica i mobilna prijemna stanica u obliku korisnikovog mobilnog uređaja. Informacije (bilo govor ili podaci) iz bazne stanice se prenose putem radiovalova određene frekvencije, koristeći različite metode modulacije kako bi se informacije prilagodile za slanje. Povezivanje korisnika s baznom stanicom se ostvaruje putem mobilnog uređaja unutar određenog područja. Bazna stanica emitira moduliranu informaciju u prostor putem antene. Dio prostora obuhvaćen antenom (obično u obliku kruga ili dijela kruga) naziva se ćelija, koja je temeljna jedinica mobilnih telekomunikacijskih sustava. Oblik ćelije može biti nepravilan zbog prepreka poput terena, zgrada, vegetacije i sl., ali često se za oblik ćelije koristi heksagonalni oblik zbog svoje sposobnosti da prekrije cijelo područje bez preklapanja. Svaki davatelj usluge mobilne telefonije dobiva određeni broj frekvencijskih kanala. Algoritmom se dodjeljuju tim kanalima u pojedinim ćelijama, a skup ćelija koje koriste sve dostupne frekvencije bez ponavljanja naziva se grozd ćelija. Tipično se na cijelom pokrivenom području jednog davatelja usluge nalazi više grozdova ćelija.⁹

⁸ Hrvatska enciklopedija (2021): *Javne pokretne telekomunikacije*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49051>

⁹ Ibid.



Shema 1. Javne pokretne telekomunikacije

*1. pokretna postaja, 2. bazna postaja, 3. ćelija, 4. kontrola baznih postaja, 5. središnji pokretni komunikacijski centar, 6. upravljanje i nadzor

Izvor: Hrvatska enciklopedija (2021): *Javne pokretne telekomunikacije*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49051>

Prebacivanje veze s jedne bazne stanice na drugu predstavlja jedno od ključnih obilježja pokretne telekomunikacije. Ako korisnik napusti područje koje pokriva početna bazna stanica, signal i veza s tom baznom stanicom postaju nedovoljni za održavanje komunikacije, pa preuzima druga bazna stanica u blizini s jačim prijemnim signalom.

S početkom 1930-ih, pokretna telefonija je započela kao jednosmjerna komunikacija od stacionarnih korisnika (tada policijskih postaja) prema korisnicima u vozilima. Tada je postojao ograničen broj kanala (jedan frekvencijski kanal za svakog korisnika), što je rezultiralo malim kapacitetom. Napredak u modulacijskim tehnikama i rastuće potrebe za mobilnom komunikacijom doprinijeli su njezinom razvoju, a suvremeni oblik sistema postignut je tijekom 1970-ih. Različite generacije mobilnih telekomunikacijskih sustava razlikuju se po tehnikama modulacije i drugim tehničkim svojstvima.¹⁰

Prva generacija je bila analognog tipa (modulacija govora putem frekvencijske modulacije), ali je u kontrolnim kanalima korištena digitalna modulacija. U 1990-ima se pojavila druga generacija, koja je u potpunosti digitalna (osnovni opseg signala moduliran je digitalnim tehnikama). Ovo je označilo značajnu promjenu jer su mobilni telefoni postali uređaji koji nisu samo omogućavali glasovnu komunikaciju, već su se podaci također mogli prenositi, posebno

¹⁰ Ibid.

kratke tekstualne poruke (SMS). U toj generaciji su se, osim pristupa po frekvenciji, koristili i pristup po vremenu ili kodu.

Rapidan rast broja korisnika mobilnih telefona te povećane potrebe za kvalitetnijim i raznolikijim uslugama doveli su do pojave treće generacije mobilnih sustava početkom novog tisućljeća. Ova generacija se ističe globalnom komunikacijom, uključujući i satelitske telekomunikacije koje pokrivaju područja koja nisu dostupna putem zemaljskih mreža. Treća generacija omogućuje veće brzine prijenosa podataka (uključujući multimedijske sadržaje), uz znatno veći kapacitet te poboljšanu kvalitetu i raznovrsnost usluga. Razvojem bežičnih internetskih mreža, mobilna internetska usluga je postala stvarnost.¹¹

U Hrvatskoj djeluju tri pružatelja mobilnih javnih telekomunikacija: Hrvatski Telekom kao nacionalni mobilni operater (osnovan 1998.), A1 kao prvi privatni koncesionar (osnovan kao VIPnet 1999.–2018.), te Telemach Hrvatska (osnovan kao TELE2 2005.–20.).¹²

2.1. Prva generacija pokretnih mreža – 1G

Bežična mobilna tehnologija (ili mobilne komunikacije) započela je s prvom generacijom mobilnih telefona, popularno nazvanim 1G. To je bio analogni telekomunikacijski sustav koji je uveden 1979. i trajao je do sredine 1980-ih.¹³

„1G tehnologija bila je analogna (samo za glas), tj. 1G bežični telefoni koristili su analognu tehnologiju. Ti su uređaji bili teški, a izlaganje nepouzđano, no učinkovito su prikazivali inherentnu lakoću mobilne komunikacije.“¹⁴

1G mobilni komunikacijski sustav prvi je put predstavljen u Japanu 1979. godine od strane tvrtke Nippon Telegraph and Telephone (NTT). Početak je bio u Tokiju, a u idućih pet godina proširio se kako bi pokrio cijeli Japan.

¹¹ Ibid.

¹² Ibid.

¹³ Sam, S. (2019): *First-Generation (1G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/first-generation-1g-mobile-phones>

¹⁴ Junald Arshad, M., Farooq, A., Shah, A. (2010): Evolution and Development Towards 4th Generation (4G) Mobile Communication Systems. *Journal of American Science*; 6(12): 63-68.

Godine 1981. pokrenut je Nordic Mobile Telephone (NMT) u europskim zemljama. Ameritech je 1983. u SAD-u lansirao 1G mobilne uređaje koristeći Motorola mobilne telefone. Upotreba mobilnih komunikacijskih sustava potom se proširila na nekoliko zemalja.¹⁵

Prethodne tehnologije bežične komunikacije bile su sustavi "push-to-talk" i rijetko korišteni bežični telefoni u vojne i pomorske svrhe. Glavna razlika između postojećih sustava bežične komunikacije i 1G bila je uvođenje ćelijske tehnologije. Ovdje je zemljani prostor podijeljen na male sektore nazvane ćelije. Svaka ćelija imala je baznu stanicu koja je koristila radio signale i odašiljač za komunikaciju s mobilnim uređajima. Bazne stanice bile su povezane s telefonskim mrežama. Modulacijske tehnike frekvencije koristile su se za glasovne pozive putem baznih stanica.

Postoji puno nedostataka 1G mobilnih komunikacija. Naime, analogni signali su bili podložni smetnjama, pa je komunikacija bila bučna. Također, analogni sustavi nisu podržavali odgovarajuće sustave šifriranja. Sigurnost je bila važno pitanje te prisluškivanje nije moglo biti kontrolirano.¹⁶

2.2. Druga generacija pokretnih mreža – 2G

Druga generacija (2G) mobilnih telefona prešla je s analognog sustava 1G na digitalni sustav. Komercijalno je lansiran 1991. kao GSM standard u Finskoj. Kao i kod 1G telefona, 2G telefoni nisu imali nikakve svjetske standardizacije. 2G sustavi također su bili poznati kao osobne komunikacijske usluge (PCM).¹⁷

Kao prednosti 2G u odnosu na 1G mogu se navesti:

- 2G omogućuju digitalizaciju i komprimiranje glasovnih signala - učinkovitiji su u frekvencijskom spektru od 1G;
- uvedene su podatkovne usluge za mobilne telefone u obliku SMS poruka;
- podatci i glasovni signali su digitalno šifrirani - sigurnost od prisluškivanja i prijevera višestruko je povećana;

¹⁵ Sam, S. (2019): *First-Generation (1G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/first-generation-1g-mobile-phones>

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Boyini, K. (2019): *Second-Generation (2G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/second-generation-2g-mobile-phones>

- digitalni signali troše manje energije baterije - i tako su mobilni uređaji puno energetski učinkovitiji od svojih 1G analoga.¹⁸

Razvijeno je nekoliko 2G sustava, među kojima su najznačajniji sljedeći:

- D – AMPS (Digital Advanced Mobile Phone Systems) : D-AMPS je bio digitalna verzija naprednih mobilnih telefonskih sustava (AMPS) koji su koegzistirali s AMPS-om. Koristio je vremensko multipleksiranje (TDM) za višestruke pozive.
- GSM (Globalni sustav za mobilne komunikacije) : 2G je pokrenut putem GSM-a. To je globalno najraširenija tehnologija. Koristi frekvencijsko multipleksiranje (FDM) i vremensko podijeljeno multipleksiranje (TDM) za upravljanje višestrukim pozivima istovremeno.
- CDMA (višestruki pristup kodne podjele) : koristi drugačiju tehnologiju od gore navedene i standardizirana je međunarodnim standardima IS-95.¹⁹

2.3. Treća generacija pokretnih mreža – 3G

Treća generacija mobilnih telefona ili "3G Internet" mobilnih telefona skup je standarda za bežične mobilne komunikacijske sustave koji obećavaju isporuku kvalitetnih multimedijских usluga uz visokokvalitetni prijenos glasa.²⁰

3G bežična tehnologija je posvećena pružanju razumno brze bežične komunikacije za podršku korisnijih usluga kao što su podaci, video i multimedija kao i glas.²¹

Glavne značajke 3G pokretnih mreža su sljedeće:

- 3G sustavi u skladu su s International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000);
- specifikacije Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU);
- prve 3G usluge bile su dostupne 1998.;
- omogućuje prijenos velike brzine s brzinom prijenosa podataka većom od 0,2 Mbps
- usluge globalnog roaminga dostupne su i za govor i za podatke;
- nudi napredni multimedijски pristup poput reprodukcije glazbe, gledanja videa, televizijskih usluga itd.;

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Thakur, A. (2020): *Third-Generation (3G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/third-generation-3g-mobile-phones>

²¹ Smith, C., Collins, D. (2000): *3G Wireless Networks*. McGraw-Hill TELECOM Professional, str. 136.

- omogućuje pristup svim naprednim internetskim uslugama, na primjer surfanje web stranicama sa zvukom i videom;
- utro je put za povećanu upotrebu pametnih telefona sa širokim zaslonima jer su omogućili bolje gledanje mobilnih web stranica, videa i mobilne televizije.²²

3G specifikacije su definirane u dvije skupine:

- 3GPP i
- 3GPP2.²³

3GPP (Third Generation Partnership Project) specifikacije se temelje na Globalnom sustavu mobilnih (GSM) komunikacija, a poznate su kao univerzalni mobilni telekomunikacijski sustavi (UMTS). Tehnologije uključene u njega su:

- univerzalni zemaljski radijski pristup (UTRA),
- opća paketna radio usluga (GPRS),
- poboljšane brzine prijenosa podataka za GSM Evolution (EDGE).²⁴

3GPP2 specifikacije se temelje na višestrukom pristupu s kodiranom podjelom (CDMA).

Dvije glavne specifikacije pod ovim su:

- širokopoljasni CDMA (WCDMA) i
- CDMA2000.²⁵

Područja primjene treće generacije pokretnih mreža su:

- bežična glasovna telefonija,
- fiksni bežični pristup internetu,
- mobilni pristup internetu,
- video pozivi,
- tehnologije mobilne TV,
- video na zahtjev,
- video konferencija,
- telemedicina,

²² Thakur, A. (2020): *Third-Generation (3G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/third-generation-3g-mobile-phones>

²³ Ibid.

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid.

- globalni sustav pozicioniranja (GPS),
- usluge temeljene na lokaciji.²⁶

2.4. Četvrta generacija pokretnih mreža – 4G

Mobilni telefoni četvrte generacije (4G) pružaju usluge širokopojasne mobilne mreže i nasljednici su 3G mobilnih mreža. Četvrta generacija pokretnih mreža omogućuje celularnu mobilnu komunikaciju temeljenu na IP-u. Pružene mogućnosti u skladu su s IMT-Advanced specifikacijama koje je odredila Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU).²⁷

Značajke 4G-a su sljedeće:

- pruža potpuno IP paketno komutiranu mrežu za prijenos glasa, podataka, signala i multimedije;
- cilj mu je pružiti visokokvalitetne neprekinute usluge na bilo kojoj lokaciji u bilo koje vrijeme;
- kao što je navedeno u IMT-Advanced specifikacijama, 4G mreže bi trebale imati vršne brzine prijenosa podataka od 100 Mbps za visoko mobilne stanice kao što su vlak, automobil itd., i 1 Gbps za niske pokretne stanice kao što su rezidencija itd.;
- propisuje se da bi 4G mreže trebale omogućiti 1 Gbps downlink preko propusnosti manje od 67 MHz,
- omogućuju glatke prijenose preko heterogenih mrežnih područja.²⁸

4G dolazi u dvije glavne kategorije :

- Dugoročna evolucija (LTE) i
- Svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup (WIMAX).²⁹

Dugoročna evolucija ili LTE je proširenje 3G tehnologije. To je standard za mobilnu komunikaciju velike brzine, temeljen na GSM/EDGE i UMTS/HSPA tehnologijama. Najveća brzina prijenosa podataka za preuzimanje je 100 Mbps, a prijenos 50 Mbps. LTE Advanced

²⁶ Ibid.

²⁷ Tkahur, A. (2020): *Fourth Generation (4G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/fourth-generation-4g-mobile-phones>

²⁸ Ibid.

²⁹ Ibid.

zadovoljava specifikacije IMT-Advanced standarda za 4G tehnologiju. Njegove najveće brzine prijenosa podataka su 1000 Mbps za downlink i 500 Mbps za uplink.

Svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup (WiMAX) – WiMAX je standard mobilnog bežičnog širokopojasnog pristupa (MWBA) koji se ponekad naziva 4G. Nudi vršne brzine prijenosa podataka od 128 Mbps za downlink i 56 Mbps za uplink preko kanala širine 20 MHz. Najnovija verzija WiMAX-a nije kompatibilna s ranijim verzijama, već je kompatibilna s LTE-om.³⁰

Kao glavna područja primjene mogu se istaknuti:

- napredni mobilni pristup internetu,
- IP telefonija,
- usluge igranja igara visoke rezolucije i velike brzine,
- streaming multimedija i podaci,
- mobilna TV visoke razlučivosti,
- video konferencija,
- 3D televizija.

2.5. Uvod u petu generaciju pokretnih mreža – 5G

5G tehnologija, koja označava petu generaciju brzih mobilnih mreža, predstavlja novu fazu razvoja u mobilnim komunikacijama. Riječ je o generaciji mobilne mreže koja nasljeđuje 4G. Temeljna razlika odnosi se na veće brzine prijenosa podataka i veći broj povezanih uređaja na ovoj mreži.³¹

5G predstavlja novi globalni standard za bežične komunikacije koji donosi značajno veći kapacitet za prijenos podataka i brzinu. Usluge temeljene na 5G tehnologiji su ključne za širok spektar inovativnih aplikacija koje imaju potencijal preoblikovati mnoge sektore ekonomija i unaprijediti svakodnevni život građana. Stoga, 5G tehnologija ima izuzetnu stratešku važnost za cijelo jedinstveno tržište.³²

³⁰ Ibid.

³¹ Čizmić, M. (2020): *Što je točno 5G, kako radi i čemu služi?*, URL: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/sto-je-to-tocno-5g-kako-radi-i-cemu-sluzi---606685.html>

³² Europski revizorski sud (2022): *Uvođenje 5G mreža u EU-u*. Tematsko izvješće; 03; URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_HR.pdf

3. ARHITEKTURA 5G POKRETNE MREŽE

Primarni cilj prethodnih generacija mobilnih mreža bio je ponuditi brze, pouzdane mobilne podatkovne usluge korisnicima mreže. 5G je proširio ovaj opseg kako bi ponudio širok raspon bežičnih usluga koje se isporučuju krajnjem korisniku preko višestrukih pristupnih platformi i višeslojnih mreža.³³

5G stvara dinamičan, koherentan i fleksibilan okvir naprednih tehnologija za podršku različitim aplikacijama. Koristi inteligentniju arhitekturu, s radio pristupnim mrežama (RAN) koje više nisu ograničene blizinom bazne stanice ili složenom infrastrukturom. Može se reći da 5G otvara put prema raščlanjenom, fleksibilnom i virtualnom RAN-u s novim sučeljima koja stvaraju dodatne pristupne točke podacima.

Partnerski projekt treće generacije (3GPP) pokriva telekomunikacijske tehnologije uključujući RAN, osnovne transportne mreže i mogućnosti usluga. 3GPP je pružio kompletne specifikacije sustava za 5G mrežnu arhitekturu koja je mnogo više orijentirana na usluge od prethodnih generacija.³⁴

Usluge se pružaju putem zajedničkog okvira za mrežne funkcije koje imaju dopuštenje da ih koriste. Modularnost, mogućnost ponovne upotrebe i samostalnost ovih mrežnih funkcija su dodatni razmatrani dizajnerski elementi za arhitekturu 5G mreže, kako je opisano u specifikacijama 3GPP-a.

Za 5G novi radio (NR) sada se koriste različiti frekvencijski rasponi. Dio radijskog spektra s frekvencijama između 30 GHz i 300 GHz naziva se milimetarski val, budući da valne duljine variraju od 1-10 mm. Frekvencije između 24 GHz i 100 GHz dodijeljene su 5G tehnologiji u različitim regijama širom svijeta.³⁵

Osim milimetarskog vala, manje iskorištene UHF frekvencije između 300 MHz i 3 GHz te C-band frekvencije između 3,7 i 3,98 GHz također su prenamijenjene za 5G.

³³ Viavisolutions.com: *What is 5G Architecture?*, URL: <https://www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-architecture>

³⁴ Remmert, H. (2021): *What is 5G Network Architecture?*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>

³⁵ Viavisolutions.com: *What is 5G Architecture?*, URL: <https://www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-architecture>

Raznovrsnost frekvencija koje se koriste može se prilagoditi posebnim aplikacijama. Više frekvencije karakterizira veća propusnost i kraći domet. Milimetarski valovi su idealni za gusto naseljena područja, ali nisu učinkoviti za komunikaciju na većim udaljenostima.

Unutar različitih frekvencijskih pojaseva namijenjenih 5G, svaki pružatelj usluga počeo je određivati svoje individualne dijelove 5G spektra.³⁶

Multi-Access Edge Computing (MEC) je važan element 5G arhitekture. MEC je izvedenica oblakom temeljenog računarstva koja premješta aplikacije iz centralnih podatkovnih centara bliže korisnicima i njihovim uređajima na rubu mreže. To suštinski stvara skraćeni put za dostavu sadržaja između korisnika i domaćina, zaobilazeći dug put preko mreže koji ih je nekada razdvajao. Ova tehnologija nije ekskluzivna za 5G, ali je svakako ključna za njegovu učinkovitost.

Karakteristike MEC-a uključuju nisku latenciju, visoku propusnost i stvarno vrijeme pristupa informacijama iz RAN-a (Radio Access Network) koje razlikuju 5G arhitekturu od njenih prethodnika. 5G mreže temeljene na 3GPP 5G specifikacijama su idealno okruženje za implementaciju MEC-a. Te specifikacije definiraju podršku za obradu na rubu mreže, omogućavajući suradnju između MEC-a i 5G za preusmjeravanje prometa.³⁷

Raspodjela računalne snage omogućava visoki broj povezanih uređaja inherentnih za 5G razmještaj i Internet stvari (IoT), uz prednosti u latenciji i propusnosti.

Spajanje RAN i jezgre mreža zahtijevat će od operatora da koriste nove pristupe testiranju i validaciji mreže.

Virtualizacija mrežnih funkcija (NFV) odvaja softver od hardvera zamjenom različitih mrežnih funkcija kao što su vatrozidi, ravnoteža opterećenja i usmjerivači virtualiziranim instancama koje se izvode kao softver. Time se eliminiše potreba za ulaganjem u mnogo skupih hardverskih elemenata, a također se ubrzava vrijeme instalacije, čime se brže pružaju usluge koje donose prihod korisnicima.

NFV omogućuje 5G ekosustav tako da virtualizira uređaje unutar 5G mreže. To uključuje tehnologiju „rezanja mreže“ (eng. *network slicing*) koja omogućava istovremeno izvođenje više

³⁶ Ibid.

³⁷ Ibid.

virtualnih mreža. NFV rješava druge izazove 5G tehnologije putem virtualiziranih računalnih, pohranjivačkih i mrežnih resursa koji su prilagođeni aplikacijama i segmentima korisnika.

Koncept virtualizacije mrežnih funkcija (NFV) proširuje se na RAN putem mrežne razgradnje koju potiču savezi poput O-RAN-a. Arhitektura otvorenog RAN-a olakšava implementaciju novih RAN značajki i tehnologija za skaliranje putem podrške otvorenim sučeljima i razvoju otvorenog koda. Ova evolucija povećava fleksibilnost i stvara nove mogućnosti za konkurenciju.³⁸

Cilj O-RAN SAVEZA je omogućiti višestruke dobavljače s gotovim hardverom za poboljšanu međusobnu interoperabilnost. Mrežna razgradnja također omogućuje virtualizaciju više komponenata mreže, pružajući način za brzo povećanje kapaciteta i poboljšanje korisničkog iskustva. Virtualizirani RAN je ključan za kontrolu troškova hardvera i softvera u brzorastućem ekosustavu aplikacija Interneta stvari (IoT).³⁹

Mrežna razgradnja s funkcionalnim razdvajanjem također donosi druge koristi u smislu smanjenja troškova, posebno uz uvođenje novih sučelja kao što je eCPRI. RF sučelja nisu ekonomična za testiranje velikog broja 5G nositelja jer se troškovi brzo množe. Originalno CPRI sučelje razvijeno za 4G bilo je često specifično za pojedine dobavljače, što je stvaralo probleme operatorima. eCPRI sučelja pružaju učinkovitije rješenje jer manje sučelja mogu testirati više 5G nositelja. eCPRI je određen kao standardno sučelje za 5G O-RAN prednje dijelove kao što je DU.⁴⁰

Ključ za potpuno iskorištenje potencijala 5G arhitekture je „rezanje mreže“ (eng. *network slicing*). Ova tehnologija dodaje dodatnu dimenziju domeni virtualizacije mrežnih funkcija (NFV) omogućavajući istovremeno izvođenje više logičkih mreža na zajedničkoj fizičkoj infrastrukturi mreže. Ova sposobnost podržava 5G arhitekturu stvaranjem virtualnih mreža od kraja do kraja koje uključuju i mrežne i pohranjivačke funkcije. Operatori mogu učinkovito upravljati različitim 5G scenarijima s različitim zahtjevima za propusnost, latenciju i dostupnost tako da podijele mrežne resurse među više korisnika ili "stanara". „Rezanje mreže“ postaje izuzetno korisno za primjene poput interneta stvari (IoT) gdje je broj korisnika možda vrlo visok, ali ukupna potreba za propusnošću je niska. Svaka vertikalna 5G tehnologija ima svoje zahtjeve, stoga je „rezanje mreže“ važno razmatranje za 5G arhitekturu. Troškovi rada,

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Ibid.

upravljanje resursima i fleksibilnost konfiguracija mreže mogu se optimizirati s nivoom prilagodbe koji pruža „rezanje mreže“. Također, „rezanje mreže“ omogućava ubrzane testove potencijalnih novih 5G usluga i brži dolazak na tržište.

Još jedna ključna tehnologija koja je neophodna za uspjeh 5G je tehnika usmjeravanja snopa (eng. *beamforming*). Konvencionalne bazne stanice šalju signale u više smjerova bez obzira na položaj ciljanih korisnika ili uređaja. Upotrebom višestrukih ulaza i izlaza (MIMO) sa skupinom desetaka malih antena spojenih u jedan sustav, algoritmi za obradu signala se koriste kako bi se odredio najefikasniji put za prijenos prema svakom korisniku. Zasebni paketi mogu biti poslani u različite smjerove, a zatim koordinirani kako bi stigli do krajnjeg korisnika prema unaprijed određenom redoslijedu.

Kod 5G prijena podataka na milimetarskom valu, gubitak zbog širenja slobodnim prostorom, proporcionalan manjoj veličini antene, te gubitak zbog difrakcije, inherentan višim frekvencijama i nemogućnosti prodora kroz zidove, puno su veći. S druge strane, manja veličina antene također omogućava puno veće skupine da zauzmu isti fizički prostor. Svaka od ovih manjih antena potencijalno može više puta prilagoditi ili preusmjeriti smjer snopa svaku tisućinku sekunde, što omogućava masivno usmjeravanje snopa kako bi se podržao izazovi 5G propusnosti. S većom gustoćom antena u istom fizičkom prostoru, moguće su uže snopovi putem masivnog MIMO-a, pružajući visoku propusnost i učinkovitije praćenje korisnika.

Arhitektura jezgre mreže 5G tehnologije ključna je za novu 5G specifikaciju i omogućava povećane zahtjeve za propusnošću koje 5G mora podržati. Nova 5G jezgra, kako je definirana od strane 3GPP-a, koristi usklađenu arhitekturu temeljenu na uslugama (SBA) koja se proteže kroz sve 5G funkcije i interakcije, uključujući autentifikaciju, sigurnost, upravljanje sesijama i agregaciju prometa s uređaja. Jezgra 5G tehnologije naglašava virtualizaciju mrežnih funkcija (NFV) s virtualiziranim softverskim funkcijama koje se izvode pomoću MEC infrastrukture koja je ključna za arhitektonske principe 5G tehnologije.⁴¹

⁴¹ Ibid.

4. RAZVOJ, KARAKTERISTIKE I PREDNOSTI MOBILNE MREŽE PETE GENERACIJE U ODNOSU NA 4G

4.1. Razvoj 5G pokretne mreže

Prethodne generacije mobilnih mreža su, dakle: 1G, 2G, 3G i 4G.

Prva generacija - 1G - 1980-ih: 1G je omogućavao analogni glasovni prijenos.

Druga generacija - 2G Ranih 1990-ih: 2G je uvela digitalni glasovni prijenos (npr. CDMA - Code Division Multiple Access).

Treća generacija - 3G Ranih 2000-ih: 3G je donijela mobilne podatke (npr. CDMA2000).

Četvrta generacija - 4G LTE 2010-ih: 4G LTE je uveo eru mobilnog širokopojasnog pristupa.

1G, 2G, 3G i 4G sve su dovele do 5G, koji je dizajniran kako bi pružio veću povezanost nego što je ikada prije bilo dostupno.

Iako je potencijal 5G pokretne mreže danas ogroman, važno je znati da se industrija još uvijek nalazi u početnim fazama usvajanja tehnologije. Proces implementacije 5G mreže započeo je prije mnogo godina i uključivao je izgradnju nove infrastrukture, većinom financiranu od strane glavnih bežičnih operatera.⁴²

Slovo "G" u 5G označava "generaciju". Arhitektura 5G tehnologije predstavlja značajna poboljšanja u odnosu na tehnologiju 4G LTE (dugoročna evolucija), koja slijedi, dakle, nakon 3G i 2G. Uvijek postoji vremensko razdoblje tijekom kojeg istovremeno postoje više generacija mreža. Kao i njegovi prethodnici, 5G mora koegzistirati s prethodnim mrežama iz sljedećih važnih razloga:

- razvoj i implementacija novih mrežnih tehnologija zahtijeva ogromno vrijeme, ulaganje i suradnju glavnih entiteta i operatera;
- rani usvojitelji uvijek žele što prije iskoristiti nove tehnologije, dok oni koji su uložili značajna sredstva u velike implementacije postojećih mrežnih tehnologija poput 2G, 3G i 4G LTE žele iskoristiti ta ulaganja što je duže moguće, i svakako dok nova mreža

⁴² Remmert, H. (2021): *What is 5G Network Architecture?*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>

potpuno ne zaživi (napomena: 2G i 3G mreže se postupno ukidaju kako bi se oslobodilo mjesta za implementaciju 5G).⁴³

Jasno je da razvoj 5G mobilne mreže predstavlja revoluciju u telekomunikacijama i tehnologiji općenito. Daljnji razvoj 5G mreže zahtijeva suradnju između telekomunikacijskih operatera, tehnoloških tvrtki i regulatornih tijela. Kako se infrastruktura 5G mreže širi, očekuje se da će donijeti značajne promjene u načinu na koji se koristi tehnologija, otvarajući vrata novim inovacijama i aplikacijama.

4.2. Karakteristike 5G pokretne mreže

Ključne karakteristike 5G pokretne mreže su:

- brzina i kapacitet: Glavna karakteristika 5G mreže je njezina sposobnost pružanja iznimno visokih brzina prenosa podataka. Očekuje se da će 5G omogućiti brzine premašujuće nekoliko gigabita po sekundi, što je znatno brže od trenutnih 4G mreža. Ova veća brzina omogućuje brže preuzimanje i otpremanje podataka, kao i bolje iskustvo korisnika u gledanju streaming sadržaja, igranju igara i drugim aplikacijama visokih performansi.
- latencija: latencija se odnosi na kašnjenje u komunikaciji između uređaja i mreže; 5G mreža cilja na iznimno nisku latenciju, što znači da podatci gotovo trenutačno putuju između uređaja i mreže; to je ključno za aplikacije koje zahtijevaju stvarno vrijeme, kao što su autonomna vozila, kirurški roboti i virtualna stvarnost.
- frekvencijski spektar: 5G mreža koristi širi spektar frekvencija za prijenos podataka; uključuje visokofrekvencijske spektralne opsege, poznate kao milimetarski valovi, koji omogućuju veći kapacitet i brzinu, ali imaju kraći domet i veću osjetljivost na prepreke; ovo zahtijeva postavljanje više baznih stanica kako bi se osigurala pouzdana pokrivenost.
- MIMO tehnologija: Multiple Input Multiple Output (MIMO) tehnologija igra ključnu ulogu u 5G mrežama; koristi više antena za prijenos i prijem podataka, čime se poboljšava učinkovitost i pouzdanost komunikacije; ova tehnologija omogućava bolje iskorištavanje frekvencijskog spektra i povećava kapacitet mreže;
- pametna mreža: 5G nije samo povećanje brzine već i promjena u arhitekturi mreže; koristi se koncept "mreže kao usluge" (Network as a Service) gdje se mrežne resurse

⁴³ Ibid.

može dinamički alocirati prema potrebama, omogućavajući bolju prilagodljivost i efikasnost;

- Internet stvari (IoT): 5G mreža je posebno dizajnirana za podršku ogromnom broju uređaja povezanih na Internet; ova karakteristika omogućuje rastuće polje Internet stvari, gdje se uređaji od kućanskih aparata do senzora u industriji mogu povezivati i razmjenjivati podatke u stvarnom vremenu

Iako se temelji na već postojećim tehnikama, 5G omogućuje inovativne primjene. Govoreći o 5G zapravo se radi o grupi različitih tehnologija. Te različite tehnologije omogućuju korisnicima da mobilne mreže koriste za razne primjene u privatnom i poslovnom životu. Tako 5G tehnologija omogućuje značajno brži pristup internetu, veći broj povezanih uređaja i pouzdaniju komunikaciju s malim ili gotovo nikakvim kašnjenjem.⁴⁴

Očekuje se da bi 5G mreže mogle imati značajan ekonomski utjecaj na europski bruto domaći proizvod (BDP) u periodu od 2021. do 2025., potencijalno doprinoseći iznosom od 1 bilijun eura. Također, postoji potencijal da se otvori ili transformira do 20 milijuna radnih mjesta u različitim sektorima gospodarstva.⁴⁵

U akcijskom planu za implementaciju 5G tehnologije objavljenom 2016. godine, Komisija je iznijela plan s ciljem osiguravanja stalne dostupnosti 5G mreža u urbanim područjima i duž glavnih prometnih ruta do 2025. Godine 2021., Komisija je dalje proširila ovaj cilj te sada teži pokrivanju svih naseljenih područja 5G mrežama do 2030. godine.

5G, s njegovom arhitekturom mreže nove generacije, ima potencijal podržati tisuće novih aplikacija kako u potrošačkom, tako i u industrijskom sektoru. Mogućnosti 5G tehnologije izgledaju gotovo neograničene kada brzina i propusnost su eksponencijalno veći od mreža prethodnih generacija.⁴⁶

Mreže pete generacije, odnosno 5G mreže, nose sa sobom potencijal za poticanje raznih prilika za ekonomski rast, ali isto tako nose i inherentne rizike. U svojoj smjernici iz 2019. godine vezanoj za kibersigurnost 5G mreža, Europska Komisija je upozorila da bi veliki oslonac na 5G mreže za ključne usluge mogao imati ozbiljne posljedice u slučaju širih

⁴⁴ Čizmić, M. (2020): *Što je točno 5G, kako radi i čemu služi?*, URL: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/sto-je-to-tocno-5g-kako-radi-i-cemu-sluzi---606685.html>

⁴⁵ Europski revizorski sud (2022): *Uvođenje 5G mreža u EU-u*. Tematsko izvješće; 03; URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_HR.pdf, str.4.

⁴⁶ Remmert, H. (2021): *What is 5G Network Architecture?*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>

poremećaja. Nadalje, zbog prirode prijetnji koje ne poznaju granice, veće ranjivosti ili kibersigurnosni incidenti u jednoj od država članica imali bi nepovoljan utjecaj na cijelu Europsku uniju. Jedna od posljedica ove smjernice bila je usvajanje paketa instrumenata Europske unije za osiguranje kibersigurnosti 5G mreža, donesenog u siječnju 2020. godine.

„U razdoblju 2014. – 2020. EU je osigurao financijska sredstva za projekte 5G mreža u iznosu koji premašuje 4 milijarde eura.“⁴⁷

4.3. Prednosti 5G pokretne mreže u odnosu na 4G

Promjene na razini jezgre mreže su među mnogim arhitektonskim promjenama koje prate prijelaz sa 4G na 5G tehnologiju, uključujući migraciju na milimetarski val, masivni MIMO, „rezanje mreže“ i suštinski svaki drugi element raznolikog 5G ekosustava. 4G jezgra (Evolved Packet Core - EPC) značajno se razlikuje od 5G jezgre, pri čemu 5G jezgra koriste virtualizaciju i dizajn softvera na osnovi oblaka na dosad neviđenim razinama. Osim toga, među ostalim promjenama koje razlikuju 5G jezgru od njenog 4G prethodnika su funkcija korisničkog sloja (User Plane Function - UPF) radi razdvajanja kontrole paketnog prolaza i funkcija korisničkog sloja, te funkcija za upravljanje pristupom i mobilnošću (Access and Mobility Management Function - AMF) radi odvajanja funkcija upravljanja sesijom od zadataka povezivanja i upravljanja mobilnošću.⁴⁸

Implementacija 5G tehnologije donosi značajne prednosti u performansama i raznovrsnosti aplikacija putem široke upotrebe oblakom temeljenih resursa, virtualizacije, rezanja mreže i drugih novih tehnologija.⁴⁹ Dizajniran je s proširenim kapacitetom kako bi omogućio iskustva korisnika nove generacije, podržao nove modele implementacije i pružio nove usluge.⁵⁰

5G tehnologija nudi razne prednosti spram svojih prethodnika. To su:

- veća brzina prijenosa podataka - do višestrukih gigabitnih brzina; korisnici mogu brže preuzimati i otpremati sadržaje (npr. videozapise visoke rezolucije ili velike datoteke);

⁴⁷ Europski revizorski sud (2022): *Uvođenje 5G mreža u EU-u*. Tematsko izvješće; 03; URL:

https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_HR.pdf, str.4.

⁴⁸ Viavisolutions.com: *What is 5G Architecture?*, URL: <https://www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-architecture>

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Qualcomm.com: *Everything you need to know about 5G*, URL: <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>

- veći kapacitet mreže - veći broj uređaja koji istovremeno koriste mrežu bez gubitka performansi (ovo je važno u okruženjima s velikim brojem povezanih uređaja, poput pametnih gradova ili industrijskih postrojenja);
- podrška za više uređaja – istovremeno povezivanje puno većeg broja uređaja na istu mrežu nego što je to bilo moguće sa 4G (to je bitno za Internet stvari uređaje i pametne kuće gdje su mnogi uređaji povezani na mrežu)
- manja latencija, spušta se na jednoznamenaste milisekunde, što je izuzetno važno u aplikacijama kao što su povezana vozila u sustavima inteligentnog prometa (ITS) i autonomna vozila, gdje je potrebna gotovo trenutačna reakcija;
- unaprjeđene mogućnosti za industriju – nove mogućnosti poput daljinskog upravljanja i praćenja u stvarnom vremenu, što povećava učinkovitost i sigurnost u različitim sektorima kao što su proizvodnja, zdravstvo i transport.⁵¹

Može se zaključiti da je 5G bežična tehnologija namijenjena pružanju većih brzina podataka u višestrukim gigabitima po sekundi nego 4G, izuzetno je niske latencije, veće pouzdanosti, ogromnog kapaciteta mreže, povećane dostupnosti te ujednačenijeg korisničkog iskustva većem broju korisnika. Veća učinkovitost i poboljšana efikasnost omogućuju nove korisničke doživljaje i povezivanje novih industrija.⁵²

Visokim brzinama, iznimnom pouzdanošću i zanemarivom latencijom, 5G će u budućnosti zasigurno proširiti mobilni ekosustav u nove sfere. 5G će utjecati na svaku industriju, čineći sigurniji prijevoz, udaljenu zdravstvenu skrb, preciznu poljoprivredu, digitalnu logistiku - i još mnogo toga.⁵³

⁵¹ Remmert, H. (2021): *What is 5G Network Architecture?*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>

⁵² Qualcomm.com: *Everything you need to know about 5G*, URL: <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>

⁵³ Ibid.

5. POSLOVNA I PRIVATNA ŠIROKA PRIMJENA 5G POKRETNE MREŽE

Od 1. siječnja 2021. godine pokrivenost 5G mrežom bila je dostupna za procijenjenih 75% stanovništva SAD-a, a broj uređaja koji podržavaju 5G će do 2026. godine rasti za više od 70%. Ovaj rast uglavnom potiče industrijsku inovaciju, virtualnu stvarnost (VR) i proširenu stvarnost (AR), strojno učenje (ML) i umjetnu inteligenciju (AI), a sve je to dio Industrijskog interneta stvari (IIoT) i Industrije 4.0. Također je potaknut trendom prema povezanim ekosustavima za praćenje i upravljanje sustavima i opremom u gradovima, zgradama, prometnim mrežama i javnoj infrastrukturi.⁵⁴

5.1. Poslovna primjena 5G pokretne mreže

Poslovna primjena 5G mobilne mreže donosi značajne mogućnosti i inovacije različitim industrijama i sektorima. 5G donosi brže i pouzdanije bežične komunikacije, nisku latenciju i veći kapacitet mreže, što omogućuje razvoj novih aplikacija i rješenja koja transformiraju način poslovanja. „5G obećava više od većih brzina mreže. Njegova pokrivenost predstavlja priliku za tvrtke da istinski prihvate digitalnu transformaciju u velikom opsegu.“⁵⁵

5G je revolucionarna promjena za primjene Interneta stvari (IoT) u industrijskim i komercijalnim operacijama, omogućujući mnoge nove slučajeve upotrebe, od robotske automatizacije do autonomnih vođenih vozila (AGV-ova), aplikacija za stvarno-vremensko prediktivno održavanje i brže, sigurnije povezivanje mreža za poslovne subjekte.

Osim toga, kao odgovor na pandemiju COVID-19 sve se više organizacija prebacivalo na hibridne ili potpuno udaljene modele, što je istaknulo potrebu za sigurnijim i pouzdanijim bežičnim rješenjima, boljom povezanošću i bržim brzinama prijenosa podataka — sve prednosti koje 5G pruža.⁵⁶

⁵⁴ Remmert, H. (2022): *What Can 5G Do For Business: Enterprise, Industry and Transportation*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-for-business-enterprise-industry-transportation>

⁵⁵ T-Mobile for business: *The full spectrum: why T-Mobile's 5G network is your platform for innovation*, URL: <https://www.t-mobile.com/business/trends-insights/5g/benefits-of-5g-for-innovation>

⁵⁶ Remmert, H. (2022): *What Can 5G Do For Business: Enterprise, Industry and Transportation*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-for-business-enterprise-industry-transportation>

5G se može primijeniti u raznim poslovnim područjima. Evo neki primjeri:

- industrijska automatizacija - 5G omogućuje industrijskim postrojenjima da koriste bežične mreže za brže i preciznije komunikacije između strojeva i uređaja; to podržava automatizaciju proizvodnje, praćenje u stvarnom vremenu, optimizaciju procesa i smanjenje potrebe za ljudskim intervencijama.
- pametni gradovi - 5G omogućuje razvoj pametnih gradova gdje se različiti uređaji i senzori mogu povezivati i razmjenjivati podatke kako bi se poboljšale usluge kao što su promet, energetska učinkovitost, upravljanje otpadom i javna sigurnost.
- zdravstvena skrb - 5G podržava daljinsku dijagnostiku, telemedicine i praćenje pacijenata u stvarnom vremenu; brza i pouzdana mreža omogućuje kirurzima da izvode precizne operacije s pomoću robotske tehnologije i da se smanji latencija u hitnim medicinskim intervencijama;
- automobilska industrija - 5G će u budućnosti biti ključan za razvoj autonomnih vozila jer omogućuje bržu i pouzdanu komunikaciju između vozila i infrastrukture; to omogućuje poboljšanje sigurnosti i napredne funkcije poput prometnog usklađivanja i koordinacije.
- logistika i transport - 5G omogućuje praćenje i upravljanje velikim brojem vozila i tereta u stvarnom vremenu; to povećava učinkovitost lanca opskrbe, smanjuje kašnjenja i optimizira rute;
- trgovina - 5G tehnologija može se koristiti za proširenje upotrebe mobilnih aplikacija i omogućavanje novih usluga koje će privući kupce, poput mogućnosti "probavanja" odjeće pomoću VR i AR svlačionica; visok brzi i veliki protok informacija koje pruža 5G omogućuje ponudu personaliziranih usluga kupcima; IoT senzori također mogu pomoći u ponovnom popunjavanju zaliha i praćenju protoka inventara.
- upravljanje prometom - tehnologije upravljanja prometom putem 5G mreže mogu pružiti ogromne koristi javnosti u smislu sigurnosti i praktičnosti; IoT rješenja spremna za FirstNet™ pružaju prioritetnu komunikaciju za hitna vozila, dok IoT aplikacije pomažu ubrzanju i glađem protoku prometa te povećavaju produktivnost smanjenjem vremena koje ljudi svakodnevno provode u prometu; kako električna vozila (EV) i pametni gradovi budu opremljeni tehnologijom temeljenom na 5G za komunikaciju vozila prema svemu (V2X), prometne nesreće i smrtni slučajevi bit će smanjeni.
- javni prijevoz - 5G povezanost omogućava poboljšanja u nekoliko područja javnog prijevoza: transakcijski podaci za plaćanje i kupnju karata, kao i informacije u stvarnom

vremenu o kapacitetu vozila, rasporedu i ruti, mogu se sve učinkovitije i detaljnije prenositi; 5G mreže također mogu prenositi velike količine podataka o performansama i operacijama, kao i streaming digitalnih znakova i usluga Wi-Fi za putnike;

- mediji i zabava - 5G omogućuje bolje iskustvo korisnika u pogledu streaminga visoke kvalitete, virtualne stvarnosti, proširene stvarnosti i igara u oblaku;
- sustavi temeljeni na sensorima - gdje god je postavljen veliki broj senzora i povezanih uređaja (kao što su proizvodnja, održavanje zgrada, poljoprivreda ili transport), 5G će omogućuje prijenos golemih količina telemetrije i informacija o sustavu natrag u analitičke i operativne sustave; u svijetu 5G, dobavljači mogu upravljati sustavima temeljenim na sensorima bez oslanjanja na mrežu tvrtke domaćina;
- udaljeni uređaji i proširena stvarnost - precizna kontrola daljinskih uređaja - daljinsko praćenje i rad opreme; 5G omogućuje robotskim uređajima da upravljaju raznim aktivnostima, kao što su čišćenje okoliša ili uklanjanje neeksplozivnih ubojnih sredstava, na daljinu s većom sigurnošću i preciznošću; dok se virtualna stvarnost još uvijek može suočiti s izazovima propusnosti na 5G vezi, 5G predstavlja značajnu priliku za proširenu stvarnost u kojoj se manji skupovi podataka i informacije moraju preklapati na video u stvarnom vremenu radi popravka, servisiranja ili sigurnosnih aplikacija;
- energetska učinkovitost - 5G može podržati pametne mreže i mjerenje potrošnje energije, optimizirati distribuciju energije i povećati učinkovitost energetskih sustava.⁵⁷

Prethodno su navedena samo neka od područja gdje poslovna primjena 5G mobilne mreže ima dubok i transformirajući utjecaj. Prilike koje 5G pruža mogu poboljšati produktivnost, inovacije i konkurentne prednosti različitim tvrtkama i industrijama diljem svijeta.

Prilike koje 5G pruža predstavljaju istinsku revoluciju u poslovnom svijetu, otvarajući vrata za pozitivne promjene i napredak u različitim sektorima i tvrtkama diljem svijeta. Ova nova tehnologija ne samo da utječe na unaprjeđenje dosadašnjeg načina poslovanja, već i potiče potpuno nove načine razmišljanja i djelovanja.

Jedan od ključnih aspekata je povećanje produktivnosti. 5G omogućuje brzu i pouzdanu razmjenu podataka između uređaja i sustava, što znači da tvrtke imaju priliku ubrzati svoje

⁵⁷ Remmert, H. (2022): *What Can 5G Do For Business: Enterprise, Industry and Transportation*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-for-business-enterprise-industry-transportation> ; Fruehe, J.: *7 top 5G enterprise use cases and business opportunities*, URL: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/tip/Top-5G-use-cases-for-business-include-fixed-wireless-healthcare>

procesu, smanjiti vrijeme zastoja i optimizirati resurse. Ovo je posebno značajno u industriji gdje su brze odluke i prilagodbe ključne za uspjeh.

Inovacije će procvjetati zahvaljujući novim mogućnostima koje 5G donosi. Pojava iznimno niske latencije omogućava stvaranje aplikacija koje zahtijevaju gotovo trenutno prepoznavanje i odgovor, poput stvaranja virtualnih okruženja za obuku, robotske tehnologije i proširene stvarnosti za precizno upravljanje proizvodnim postupcima ili tehničkim održavanjem.

Tvrtke koje brzo usvoje 5G tehnologiju moći će pružiti superiorno korisničko iskustvo, bilo da se radi o korisnicima, partnerima ili zaposlenicima. Otvaraju se mogućnosti za personalizaciju usluga i proizvoda, stvarajući dublje i lojalnije veze s korisnicima.

Osim toga, 5G omogućuje tvrtkama da dosegnu globalno tržište s manje poteškoća. Brza i stabilna komunikacija u stvarnom vremenu olakšava suradnju na daljinu, širenje poslovanja i upravljanje udaljenim timovima ili postrojenjima.

Zaključno se može reći da poslovna primjena 5G mreže predstavlja snažan katalizator za transformaciju poslovnih modela, podizanje ljestvice inovacija i osnaživanje tvrtki da postignu iznimne rezultate na globalnoj razini. S pravilnom strategijom i prilagodbama, organizacije svih veličina mogu iskoristiti puni potencijal 5G kako bi stvorile svjetliju i povezaniju budućnost za sebe i svoju industriju.

5.2. Privatna široka primjena 5G pokretne mreže

Privatna široka primjena 5G pokretne mreže označava korištenje 5G tehnologije unutar specifičnih organizacija ili industrijskih konteksta, omogućujući im da ostvare visoku razinu kontrole, sigurnosti i prilagodljivosti u svojim komunikacijskim potrebama. Ova primjena donosi brojne prednosti i mogućnosti, često transformirajući način na koji organizacije provode svoje operacije i posluju.

Ključne značajke privatne široke primjene 5G pokretne mreže:

- visoka pouzdanost - privatne 5G mreže omogućuju organizacijama da uspostave visoko pouzdane komunikacijske sustave koji su ključni za njihove kritične operacije; to je od

iznimne važnosti u sektorima kao što su proizvodnja, logistika i energetika, gdje svaki trenutak prekida može uzrokovati velike gubitke.

- niska latencija- 5G tehnologija nudi nisku latenciju, što znači da se komunikacija odvija gotovo u stvarnom vremenu; ovo je ključno za automatizaciju procesa, upravljanje udaljenim uređajima i IoT (Internet stvari) primjene gdje je brza reakcija neophodna.
- velika pokrivenost i kapacitet: 5G omogućuje povezivanje velikog broja uređaja na jednu mrežu istovremeno, podržavajući široki spektar IoT aplikacija; ovo je od izuzetnog značaja u industrijskim okruženjima gdje postoji velik broj senzora, uređaja i strojeva koji moraju biti povezani.
- prilagodljivost i konfigurabilnost: privatne mreže omogućuju organizacijama da prilagode mrežne parametre prema svojim potrebama; to znači da mogu optimizirati mrežu za specifične scenarije, kao što su povećani kapaciteti tijekom vršnih opterećenja ili osiguranje niske latencije za određene kritične aplikacije.
- sigurnost - privatne 5G mreže omogućuju organizacijama veći stupanj kontrole nad sigurnošću svojih komunikacija; to je posebno važno u osjetljivim sektorima kao što su zdravstvo, financije i industrija gdje su sigurnost i privatnost podaci od izuzetnog značaja.

Bitno je spomenuti primjene u različitim industrijama:

- proizvodnja: 5G omogućuje postizanje visoke preciznosti u automatiziranim proizvodnim procesima, kao i praćenje u stvarnom vremenu; to olakšava optimizaciju resursa, održavanje opreme i upravljanje zalihama;
- logistika: privatne 5G mreže pomažu u praćenju i upravljanju velikim brojem vozila i transportnih operacija; to smanjuje vrijeme čekanja, povećava učinkovitost dostave i optimizira rute;
- energetika - u energetske sektorima, 5G omogućuje praćenje i upravljanje distribucijskom mrežom te brzo reagiranje na poteškoće i kvarove;
- zdravstvo - u medicinskim okruženjima, 5G omogućuje brzu i preciznu komunikaciju između medicinskih uređaja, što je ključno za telemedicinu, kirurške zahvate na daljinu i praćenje vitalnih znakova pacijenata.
- pametni gradovi - u urbanim sredinama, privatne 5G mreže omogućuju povezivanje različitih aspekata grada, uključujući promet, javnu sigurnost, upravljanje otpadom i pametne uređaje.

Unatoč brojnim prednostima, privatna primjena 5G mreže također nosi izazove poput troškova implementacije, upravljanja mrežom i osiguravanja kompatibilnosti s postojećom infrastrukturom. Međutim, kako se tehnologija i ekosustav razvijaju, očekuje se da će se ovi izazovi postupno rješavati, otvarajući put za sveobuhvatno usvajanje 5G tehnologije u različitim industrijama i organizacijama.

6. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE

6.1. Metodologija istraživanja

Predmet istraživačkog dijela ovoga rada odnose se na utjecaj, prihvaćanje i implementaciju 5G tehnologije u privatnom i poslovnom okruženju. Ispituje se upoznatost i percepcija ispitanika o posljednjoj generaciji pokretnih mreža spram prethodnika te njihovi stavovi o prednostima i nedostacima 5G tehnologije. Cilj istraživanja je analizirati stavove i percepciju ispitanika o 5G tehnologiji te razumjeti njezinu primjenu. Konkretno, istraživanje se fokusira na sljedeće aspekte:

- razina svijesti i upotrebe – istraživanjem se procjenjuje razina svijesti među korisnicima o 5G tehnologiji te njihovu trenutnu upotrebu iste; navedeno će pomoći u razumijevanju kako se tehnologija širi među različitim skupinama;
- prednosti i mane - analiza se bavi percepcijom prednosti i mana 5G tehnologije u odnosu na starije generacije bežičnih mreža; cilj je razumjeti koje se prednosti posebno ističu u očima korisnika te koje su njihove glavne zabrinutosti;
- prihvaćanje i spremnost na plaćanje - istraživanje ispituje spremnost korisnika da prijeđu na 5G tehnologiju i eventualno plate višu cijenu za uslugu; ovo će pomoći u procjeni tržišnog potencijala tehnologije;
- primjena u poslovnom okruženju – analizira se kako korisnici vide primjenu 5G tehnologije u poslovnom svijetu, koje se ključne primjene i kako korisnici percipiraju doprinos tehnologije poslovnim procesima;
- dostupnost i ekonomski utjecaj – procjenjuje se percepcija korisnika o dostupnosti 5G tehnologije široj javnosti te kako vide njen utjecaj na ekonomski rast i inovacije;
- budući razvoj – razmatraju se očekivanja korisnika o budućem razvoju 5G tehnologije i kako vide njen utjecaj na način života.

Kombiniranjem kvantitativnih podataka prikupljenih anketom s kvalitativnom analizom odgovora, istraživanje ima za cilj pružiti sveobuhvatan uvid u percepciju, spremnost i očekivanja korisnika vezano uz 5G tehnologiju u poslovnom kontekstu. Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao smjernice za daljnji razvoj tehnologije i strategije poslovnih subjekata.

Za potrebe ovoga rada provedeno je online istraživanje anketnim upitnikom putem alata „Google obrasci“. Istraživanje je provedeno na uzorku od 100 ispitanika. Uzorak je dobiven namjernim odabirom širenjem ankete elektroničkim putem preko društvenih mreža.

Ispunjavanje ankete bilo je anonimno, a ispitanici su mogli u bilo kojem trenutku odustati od istraživanja.

Struktura anketnih pitanja u upitniku bila je u dvije sekcije pitanja. Prva se (5 pitanja) odnosila na demografske podatke ispitanika, a druga na konkretna pitanja u vezi s predmetom rada (12 pitanja) na koja su odgovarali svi ispitanici.

U Tablici 2. prikazane su demografske karakteristike ispitanika, iz čega se može vidjeti da je u ovom istraživanju sudjelovalo više ispitanika muškoga (61%) nego muškoga spola (39%). Najviše je ispitanika starosti između 25 i 30 godina života (40%), potom ispitanika mlađih od 25 godina (30%). U istraživanju je sudjelovalo 13% ispitanika starih između 31 i 38 godina, 9% starijih od 51 godinu i 8% osoba između 39 i 50 godina života. Što se tiče stupnja obrazovanja, u ovome je istraživanju sudjelovalo 39% ispitanika koji imaju završenu srednju stručnu spremu i 33% sa visokom stručnom spremom. Slijede ispitanici sa višom stručnom spremom (21%). Završen poslijediplomski studij, odnosno doktorat ima 4%, a osnovnoškolsko obrazovanje 3% ispitanika. Upitnik su ispunjavali ispitanici iz svih krajeva Republike Hrvatske. Najviše iz Panonske Hrvatske (34%) i Grada Zagreba (30%), a potom iz Jadranske Hrvatske (23%) i Sjeverne Hrvatske (13%). Što se tiče zanimanja, odnosno zaposlenja ispitanika, najviše je njih zaposleno u privatnoj firmi (31%), a potom slijede studenti (16%), poduzetnici i obrtnici (15%), državni službenici (12%) i javni djelatnici (11%).

Tablica 2 Demografska struktura ispitanika

DEMOGRAFSKA STRUKTURA ISPITANIKA	POSTOTAK (%)
SPOL	
M	61%
Ž	39%
STAROSNA DOB	
≤ 24	30%
25-30	40%
31-48	13%
39-50	8%
≥51	9%
STUPANJ OBRAZOVANJA	
Osnovnoškolsko obrazovanje	3%

Srednja stručna sprema (SSS)	39%
Viša stručna sprema (VŠS)	21%
Visoka stručna sprema (VSS)	33%
Poslijediplomski studij, doktorat	4%
PREBIVALIŠTE (REGIJA)	
Panonska Hrvatska	34%
Jadranska Hrvatska	23%
Grad Zagreb	30%
Sjeverna Hrvatska	13%
ZANIMANJE / ZAPOSLENJE	
Državni službenik/ca	12%
Javni/a djelatnik/ca	11%
Poduzetnik/ica; obrtnik/ica	15%
Direktor, šef, ravnatelj	1%
Zaposlenik/ca u privatnoj firmi	31%
Nezaposlen/a	7%
Student/ica	16%
Učenik/ca	3%
Umirovljenik	4%

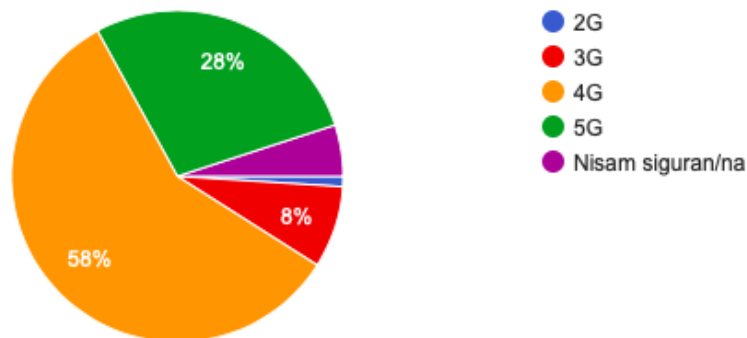
Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Uzorak nije reprezentativan u punom smislu riječi jer bi za takav uzorak bilo potrebno uzeti puno veći broj ispitanika, podjednako zastupljenih ovisno o dobi, spolu, radnom statusu, mjesečnim primanjima i dr., kako bi rezultat bio u potpunosti vjerodostojan, objektivan i sveobuhvatan. Također bi bilo poželjno provesti statističku obradu podataka temeljem definiranih varijabli kao što su spol, dob, stupanj obrazovanja, zanimanje i sl. Bilo bi poželjno i da je uključen podjednak broj muškaraca i žena. Ovaj uzorak od 100 ispitanika služi za dobivanje preliminarne slike o tome kakva je percepcija ispitanika o 5G pokretnoj mreži spram prethodnih generacija.

6.2. Rezultati istraživanja

Rezultati ovoga istraživanja pokazuju da najviše ispitanika, odnosno više od polovice njih (58%) koristi 4G bežičnu tehnologiju. Što se tiče 5G-a, koristi ju 28% ispitanika (Grafikon 1).

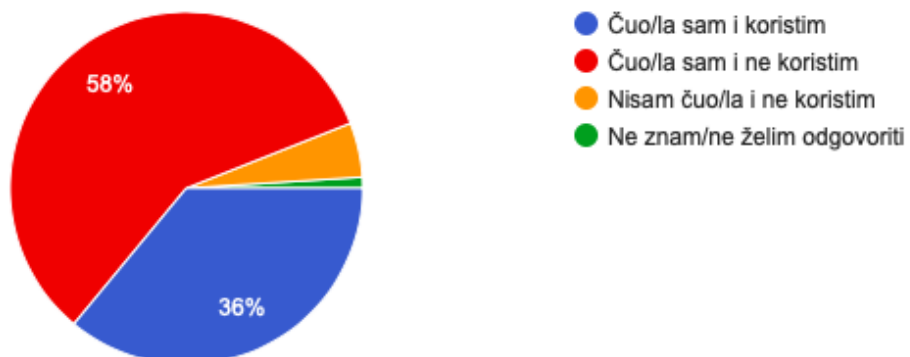
Grafikon 1 Korištena razina bežične tehnologije



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

58% ispitanika navodi da su čuli za 5G tehnologiju, ali ju ne koriste. Samo je 36% njih čulo i koriste 5G. Zanimljivo je da 5% ispitanika uopće nije čulo za 5G.

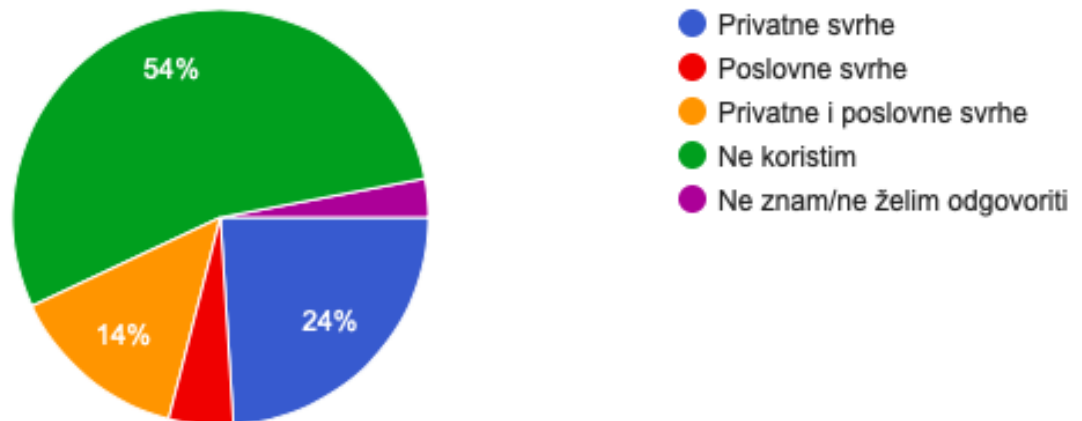
Grafikon 2 Jesu li ispitanici čuli za 5G tehnologiju i koriste li ju



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Nadalje, u sljedećem pitanju ispitanici su trebali navesti u koje svrhe upotrebljavaju 5G tehnologiju ukoliko ju koriste. 54% njih navode da ne koriste uopće, 24% ispitanika navodi da ju koriste u privatne svrhe, a 14% u privatne i poslovne svrhe. Isključivo u poslovne svrhe 5G koristi 5% ispitanika.

Grafikon 3 Svrha upotrebe 5G tehnologije

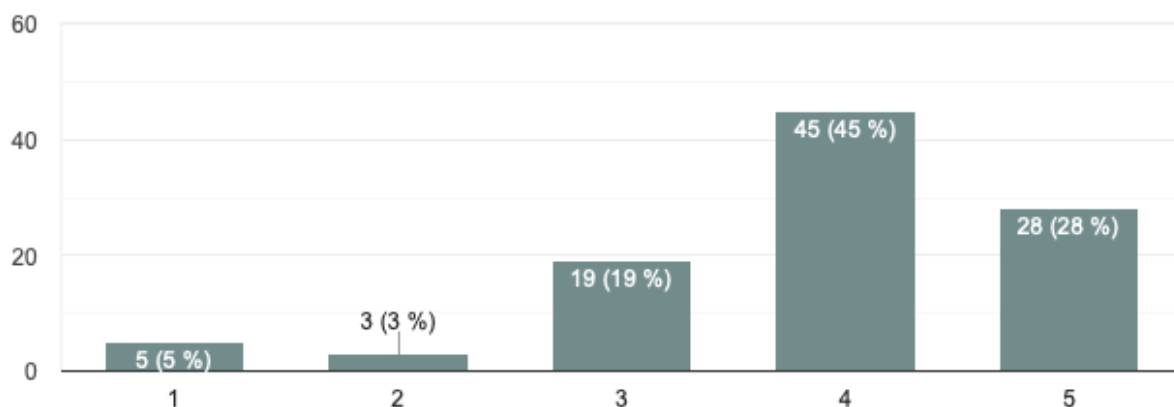


Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Ispitanici su ocjenama od 1 do 5 navodili u kojoj mjeri smatraju da su brzina i kapacitet 4G mreža dovoljni za njihove svakodnevne potrebe. Pritom vrijedi: 1-u potpunosti nedovoljni, 2-nedovoljni, 3-niti dovoljni, niti nedovoljni, 4-dovoljni, 5-u potpunosti dovoljni

Rezultati pokazuju da 73% ispitanika smatra da je 4G dovoljan za njihovu svakodnevnu upotrebu (ocjene 4 i 5). Vidljivo je da samo 8% korisnika 4G smatra nedovoljnom ili potpuno nedovoljnom bežičnom mrežom (ocjene 1 i 2). Suzdržano je 19% ispitanika.

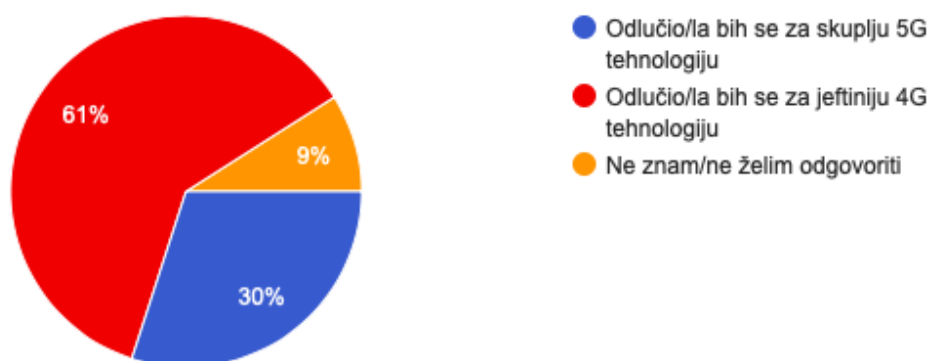
Grafikon 4 Dovoljnost brzine i kapaciteta 4G tehnologije za svakodnevne potrebe ispitanika



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Rezultati pokazuju da bi se 61% ispitanika uvijek odlučilo za jeftiniju 4G tehnologiju nego skuplju 5G tehnologiju. Za skuplju – 5G tehnologiju bi se odlučilo 30% ispitanika. Navedeno ukazuje na činjenicu da je korisnicima cijena relativno bitna i u određenoj mjeri čak i presudna.

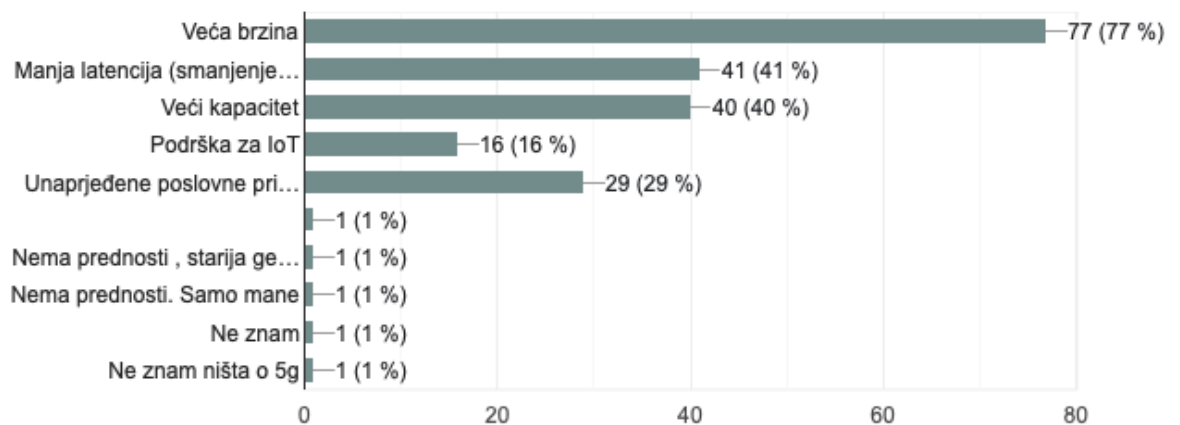
Grafikon 5 Uloga cijene u odluci između 4G i 5G tehnologije



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Kao najveće prednosti 5G tehnologije u odnosu na starije generacije bežičnih mreža ispitanici vide sljedeće: veća brzina (77%), manja latencija (41%), veći kapacitet (40%), unaprjeđene poslovne primjene (29%), podrška za IoT (16%). Osim ponuđenih odgovora, ispitanici su i sami mogli dopisati svoje mišljenje, te je 2% njih navelo da ne vide nikakve prednosti već samo mane, a 2% navodi da ne znaju ništa o 5G tehnologiji.

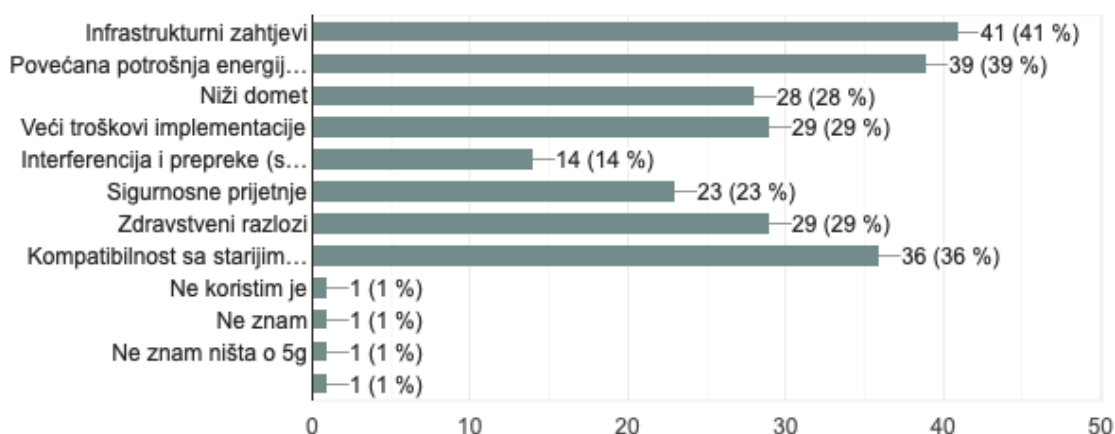
Grafikon 6 Prednosti 5G spram prethodnih generacija bežičnih mreža



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Usljedilo je i pitanje o manama 5G tehnologije spram prethodnih generacija bežične tehnologije. Ispitanici su prepoznali sljedeće nedostatke 5G-a: infrastrukturni zahtjevi (41%), povećana potrošnja energije i podataka (39%), kompatibilnost sa starijim uređajima (36%), veći troškovi implementacije (29%), zdravstveni razlozi (29%), sigurnosne prijetnje (23%), interferencija i prepreke (14%).

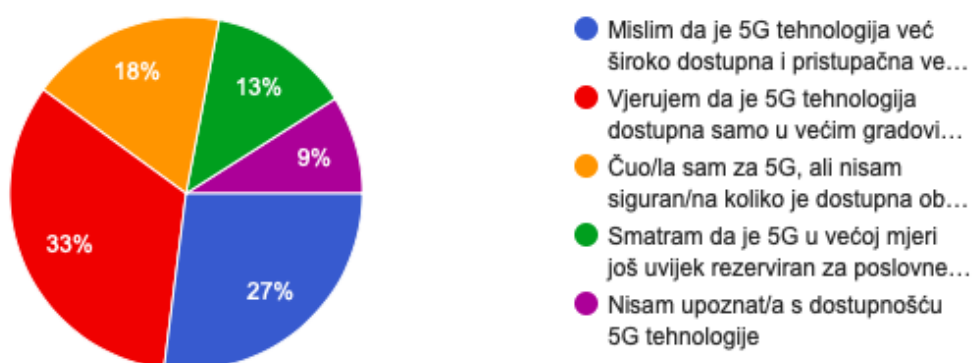
Grafikon 7 Mane 5G spram prethodnih generacija bežičnih mreža



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Najveći broj ispitanika (33%) smatra da je 5G tehnologija dostupna samo u većim gradovima i razvijenim područjima. Nadalje, 27% njih se slaže da je 5G tehnologija već široko dostupna i pristupačna većini ljudi. No, 18% ispitanika navodi da su čuli za 5G, no nisu sigurni koliko je dostupna običnim korisnicima. 13% ispitanika misli da je 5G u većoj mjeri još uvijek rezerviran za poslovne korisnike i institucije, a manje za širu javnost. 9% ispitanika navodi da nisu upoznati s dostupnošću najnovije generacije pokretnih mreža.

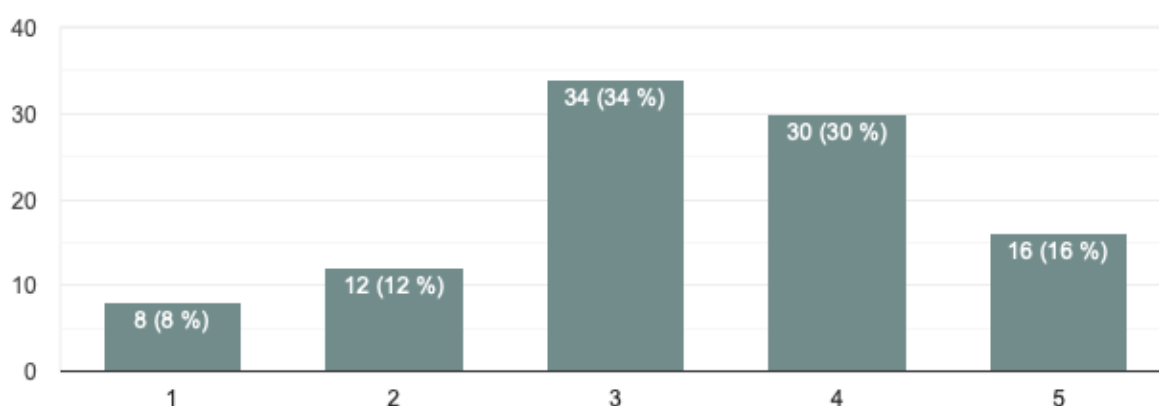
Grafikon 8 Mišljenje ispitanika o dostupnosti 5G tehnologije široj javnosti



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Ispitanici su ocjenama od 1 do 5 naznačili svoje mišljenje o tome u kojoj mjeri smatraju da je za poslovanje poduzeća važno da prijeđu na 5G tehnologiju. (Pritom vrijedi: 1-u potpunosti nevažno, 2-nevažno, 3-niti važno, niti nevažno, 4-važno, 5-u potpunosti važno). Rezultati pokazuju da 46% ispitanika (ocjene 4 i 5) prepoznaje važnost najnovije generacije pokretnih mreža za poslovanje. No, 20% njih smatra da uvođenje 5G u poslovanje ne igra nikakvu ulogu za povećanje konkurentske prednosti (ocjene 1 i 2). Indiferentno je 34% ispitanika.

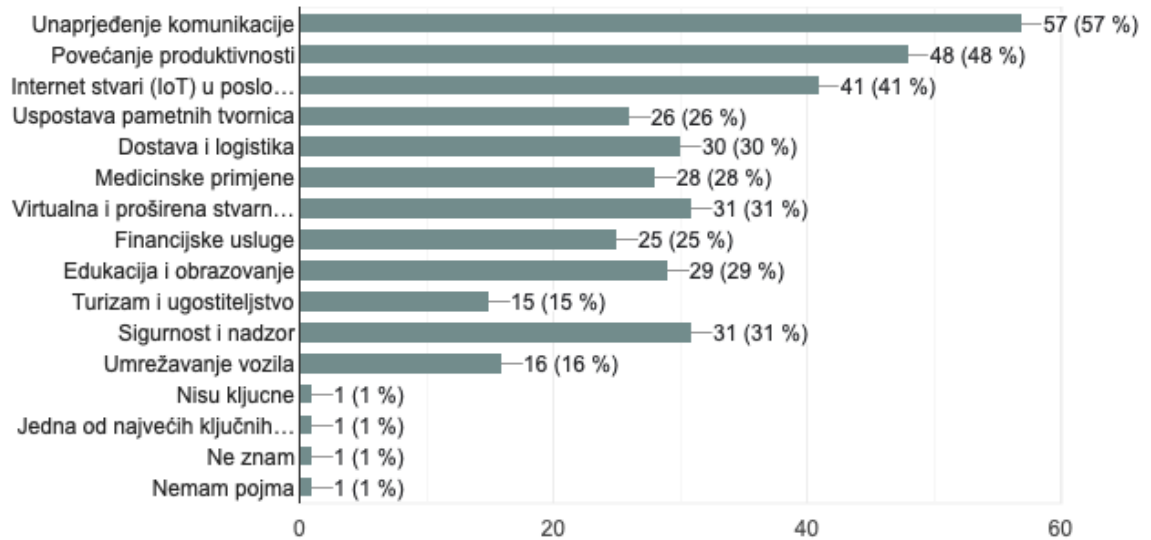
Grafikon 9 Mišljenje o ulozi 5G tehnologije u poslovanju



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Kao ključne primjene 5G tehnologije u poslovnom svijetu ispitanici vide sljedeće: unaprjeđenje komunikacije (57%), povećanje produktivnosti (48%), Internet stvari (IoT) u poslovanju (41%), virtualna i proširena stvarnost (31%), sigurnost i nadzor (31%), dostava i logistika (30%), edukacija i obrazovanje (29%), medicinske primjene (28%), uspostava pametnih tvornica (26%), financijske usluge (25%), umrežavanje vozila (16%), turizam i ugostiteljstvo (15%).

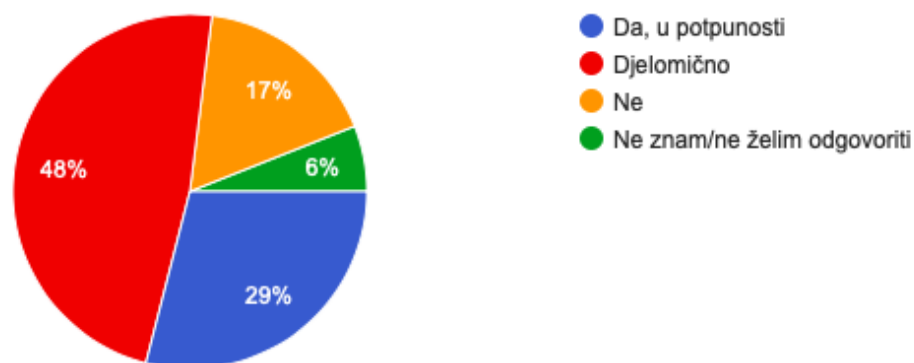
Grafikon 10 Ključne primjene 5G tehnologije u poslovnom svijetu



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Kada je u pitanju doprinos 5G tehnologije gospodarstvu, 48% ispitanika prepoznaje njenu djelomičnu važnost za ekonomski rast i inovacije. 29% ispitanika izjašnjava svoj stav o apsolutnom doprinosu, a 17% njih smatra da uvođenje i razvoj najnovije generacije pokretnih mreža nema utjecaj na ekonomski rast i inovacije u zemlji.

Grafikon 11 Doprinos 5G tehnologije većem ekonomskom rastu i inovacijama



Izvor: Izrada autora prema vlastitom istraživanju

Posljednje pitanje bilo je potpunog tipa. Ispitanici su mogli po svojoj volji napisati svoj stav o tome kako će se 5G tehnologija razvijati i utjecati na naš način života u budućnosti. Odgovori su vrlo raznoliki, a mišljenja različita. Neki od odgovora su:

- „Smatram da će 5G tehnologija omogućiti brže i pouzdanije bežične veze, moći će se svašta obaviti puno brže što će podržati širok spektar aplikacija poput pametnih gradova, virtualne i proširene stvarnosti te IoT uređaja. To bi svakako u budućnosti moglo dovesti do ubrzanja inovacija u različitim sektorima, uključujući zdravstvo, industriju, transport i drugo.“
- „Nastaviti će se razvijati i pozitivno utjecati na način života u budućnosti.“
- „5G tehnologija će se nastaviti razvijati u smislu povećanja brzine, kapaciteta i pouzdanosti mreže. To će omogućiti brže preuzimanje podataka, manju latenciju i podršku za veliki broj uređaja povezanih na mrežu. U budućnosti, 5G bi mogao omogućiti širenje pametnih gradova, autonomnih vozila, virtualne i proširene stvarnosti, telemedicine, pametnih kuća i industrijske automatizacije. Veći protok podataka i smanjena latencija omogućit će inovacije koje trenutno nisu moguće s postojećim tehnologijama. Međutim, također postoje zabrinutosti oko sigurnosti podataka i privatnosti, kao i mogućeg utjecaja na okoliš zbog povećane potrošnje energije. Sve u svemu, 5G ima potencijal značajno utjecati na način na koji živimo i radimo, ali će biti važno ravnotežu između tehničkih napretka i društvenih izazova.“
- „Mislim da će biti pretežno veći negativan učinak jer podrazumijeva veću dostupnost i briše granice radnog vremena s time će utjecati na mentalno i fizičko zdravlje ljudi.“
- „Bit će dostupna svima na svim mjestima.“
- „Sve više će se razvijati. Uglavnom će dovesti do pozitivnih promjena u budućnosti.“
- „Razvit će se 6G nova tehnologija“
- „Ne znam, nadam se da će biti bolje“
- „Mislim da će to sve jako napredovati. Ali pitanje koliko će biti aktualno kada dođe nešto novo.“
- „5 G tehnologija će napredovati i poboljšati način života, zbog veće brzine, što će uvelike pomoći pogotovo kod poslovne primjene 5 G tehnologije“
- „Smatram da je štetna za endokrinološki sistem čovjeka i za fertilitet. Mane daleko nadmašuju prednosti.“
- „Pomoći će pri inovacijama i onome što tek dolazi.“
- „Ubrzano i sve veća će biti implementacija.“

- „Ne znam dovoljno o istoj da bih bio mjerodavan odgovoriti“
- „Sama tehnologija pozitivno. Jedino što je potrebno je sama edukacija građana kako mladih, tako i starih. Koliko god mislili da smo kao država napredni u pogledu korištenja interneta, pametnih telefona i računala, jako puno je neznanja i nesnalaženja u svemu tome. Govorim kao višegodišnji radnik kontakt centra za 16 različitih servisa. Ljudi su izgubljeni u jednostavnim stvarima a, kamoli u kompliciranim. Većini mobilni uređaj koristi za fb i Instagram i najbitnije im je da to besprijekorno radi. Dok email većina une zna što je, kako glasi njihov email, a kamoli da u njihovom email pretincu postoji neželjena pošta. Tu nastaje kaos. Nadalje, oni kojima treba 5g, privatne tvrtke, tvornice... Zasigurno znaju koje su prednosti, te će ih iskoristiti u maksimumu.“
- „Njenim razvojem omogućit će se neke nove usluge i proizvodi“
- „Ne znam razliku između 4G i 5G“
- „Dovest će do veće učinkovitosti“
- „Dat će veću brzinu“
- „Sigurno bolje“
- „Jako dobro i korisno“
- „Nemam mišljenje“
- „Brža povezanost, utjecaj na edukaciju (npr. virtualne učionice), utjecaj na industriju(automatizacija)“
- „Katastrofalno“
- „Uništava budućnost čovjeka“
- „Jao nama!“
- „Razvijati će se na vrlo loš ali neprimjetan način, skriven od očiju javnosti, predstavljeno kao "poboljšanje", imati ćemo pogodnosti umotane u takozvani "napredak čovječanstva" a zapravo iza te kulise pored zdravih očiju ne vidimo da će naša sloboda biti ograničena a um opsjednut i omamljen virtualnim svijetom (već i danas svjedočimo tome koliko su brzi internet + društvene mreže zauzeli ljudski um do te mjere da imamo nove naraštaje i generacije kojima prosječni IQ pada umjesto da raste i da se razvijamo). Papirnati i kovani novac će polagano nestajati, naše privatnosti više neće ni biti, resursi će biti sve teže dostupniji "običnim ljudima", a populacija će se uvelike smanjivati, doći će do statistike 5 muškaraca na 100 žena, nastati će krize s kakvima se još nismo susretali. 5G će samo doprinijeti, mračnom dobu, unazadovanju čovjeka i krajnjoj propasti.“

- „Razvija se već rapidno i u budućnosti će biti u potpunosti primijenjena, kako tehnologija napreduje tako je i 5G tehnologija neophodna kao temelj za razvoj i komunikaciju budućih aplikacija, strojeva, vozila i dr.“
- „Eksponencijalno, svake godine sve više i više“
- „Smatram da neće previše utjecati“
- Mislim da hoće te da će tehnologija ići dalje na 6G i 7G itd.“
- „Nisam siguran“
- „Ne mislim o tome“
- „Veoma loše“
- „Možda bolje jer će sve biti brže i dostupnije“
- „Smatram da je 5G koristan samo za poslovne svrhe. U privatnom životu ima više štete nego koristi, radi zdravlja.“
- „Bit će sve skuplje“
- „Mač sa dvije oštrice“
- „IoT i AI zahtijevaju veće brzine i sigurniji projenos podataka što će uvjetovati daljnji razvoj 5G. Doći će do značajnog utjecaja na naš život u smislu nadzora i automatizacije i robotizacije ranih procesa.“
- „Bez mišljenja“
- „Zracenje 5G mreze i njegove posljedice ce tek da dodju do izrazaja u narednih nekoliko godina“
- „Jedina prednost je to sto donosi brzinu veću korisnicima koji koriste u poslovne svrhe“

7. ZAKLJUČAK

U svijetu sve ubrzanijih promjena i zahtjeva poslovanja, tehnološki napredak igra ključnu ulogu u omogućavanju inovacija i rasta. Uvođenje mobilnih mreža temeljito je preoblikovalo način na koji organizacije komuniciraju, provode operacije i integriraju s korisnicima. Generacije mobilnih mreža – od početnih 1G do trenutnog fokusa na 5G – svjedoče o dinamičnom razvoju tehnologije koja potiče revolucionarne promjene u poslovnom svijetu.

Generacije mobilnih mreža su prošle kroz značajne promjene i napretke kako bi se udovoljilo sve zahtjevnijim potrebama korisnika. Prva generacija (1G) omogućila je osnovne glasovne komunikacije putem analognih signala. S pojavom 2G, digitalizacija je omogućila glasovne pozive i prve tekstualne poruke (SMS). 3G je donio bržu internetsku vezu i mobilni pristup webu te multimedijalnim sadržajima. S ulaskom u 4G eru, brza i pouzdana internetska veza omogućila je streaming, video konferencije i aplikacije temeljene na oblaku.

Ulaskom u 5G doba, tehnologija se usmjerava prema povećanoj brzini, kapacitetu i niskoj latenciji. Ova generacija se temelji na tri ključna aspekta: Enhanced Mobile Broadband (eMBB) za poboljšanu širokopoljasnu komunikaciju, Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC) za izuzetno pouzdane i niske latencije, te Massive Machine Type Communications (mMTC) za podršku ogromnom broju uređaja povezanih putem Interneta stvari (IoT). Sve ove karakteristike omogućuju 5G mreži da pruži veći kapacitet, bržu komunikaciju i omogući nove poslovne modele.

Prednosti 5G tehnologije nadilaze mogućnosti prethodnih generacija. Brzina i kapacitet 5G mreže omogućuju preuzimanje i prijenos sadržaja gotovo trenutno, poboljšavajući korisničko iskustvo i učinkovitost u poslovanju. Još važnije, niska latencija od manje od 1 ms omogućuje real-time interakciju, ključnu za aplikacije poput pametnih tvornica i autonomnih vozila. Osim toga, veći broj uređaja koji mogu biti povezani istovremeno podržava rastući ekosustav Internet of Things (IoT).

5G tehnologija donosi niz revolucionarnih primjena u poslovnom svijetu. Brza i pouzdana povezanost omogućava bolju suradnju, virtualne sastanke i timsku interakciju bez ograničenja geografske lokacije. Tu je i mogućnost povezivanja velikog broja uređaja omogućava automatizaciju, praćenje u stvarnom vremenu i optimizaciju operacija. Nadalje, niska latencija 5G omogućava pametnim tvornicama i industrijama da postignu visoku preciznost, automatizaciju i optimalnu upotrebu resursa. Osim toga, 5G podržava razvoj pametnih gradova kroz povezivanje urbanih infrastruktura i optimizaciju usluga poput transporta, sigurnosti i

javnih usluga. 5G podupire rastući trend proširene stvarnosti (AR) i virtualne stvarnosti (VR), stvarajući potpuno novi način interakcije s proizvodima, uslugama i informacijama.

Pored komercijalnih mreža, sve više organizacija istražuje mogućnosti izgradnje vlastitih privatnih 5G mreža. Ovo omogućuje veću kontrolu, sigurnost i prilagodljivost u postavljanju specifičnih zahtjeva organizacije. Privatne 5G mreže mogu se primijeniti u industrijama kao što su proizvodnja, transport, energetika i zdravstvo.

Rezultati ovog istraživanja pružaju značajan uvid u percepciju i stavove ispitanika o 5G tehnologiji i njenom utjecaju na poslovno okruženje. Istraživanje je uključilo više muških (61%) nego ženskih (39%) ispitanika. Ispitanici u dobi između 25 i 30 godina (40%) i mlađi od 25 godina (30%) čine veći udio u istraživanju. Prisutna je raznolikost stupnja obrazovanja, pri čemu su ispitanici sa završenom srednjom stručnom spremom (39%) i visokom stručnom spremom (33%) najzastupljeniji. Što se tiče upotrebe tehnologije, rezultati pokazuju da iako većina ispitanika koristi 4G tehnologiju (58%), 28% njih koristi i 5G tehnologiju. Značajan broj ispitanika je čuo za 5G (58%), ali ne koristi je (39%), dok je samo 36% čulo i koristi 5G tehnologiju. Kada je u pitanju ocjena performansi, većina ispitanika smatra da su brzina i kapacitet 4G mreža dovoljni za njihove svakodnevne potrebe (73%), dok samo 8% smatra da su nedovoljni. Ispitanici su prepoznali sljedeće nedostatke 5G-a: infrastrukturni zahtjevi (41%), povećana potrošnja energije i podataka (39%), kompatibilnost sa starijim uređajima (36%), veći troškovi implementacije (29%), zdravstveni razlozi (29%), sigurnosne prijetnje (23%), interferencija i prepreke (14%). Po pitanju prihvaćanja i ekonomske dimenzije, zanimljivo je spomenuti da bi se više od polovine ispitanika (61%) odlučilo za jeftiniju 4G tehnologiju umjesto skuplje 5G tehnologije. Za poslovanje, 46% ispitanika prepoznaje važnost prelaska na 5G tehnologiju, dok 20% smatra da to nije važno. Prednosti 5G tehnologije koje su najviše prepoznate su veća brzina (77%) i manja latencija (41%). Ključne primjene 5G tehnologije u poslovnom svijetu uključuju unaprjeđenje komunikacije (57%), povećanje produktivnosti (48%) i Internet stvari (41%). Još je bitno istaknuti da se ispitanici dijele u percepciji doprinosa 5G tehnologije ekonomskom rastu i inovacijama. Veći udio ispitanika (48%) vidi njen djelomičan doprinos, dok manji postotak (29%) smatra da nema nikakav utjecaj. Zaključno se može vidjeti da su raznoliki stavovi i očekivanja ispitanika u vezi s 5G tehnologijom. Većina ispitanika percipira ključne prednosti 5G tehnologije, posebno veću brzinu i manju latenciju. Međutim, i dalje postoje značajne rezerve kada je riječ o prihvaćanju tehnologije, s obzirom na veći udio onih koji se odlučuju za jeftiniju 4G opciju i sumnjičavih prema utjecaju tehnologije na ekonomski rast i inovacije. Ovi rezultati mogu poslužiti kao smjernice za daljnje promišljanje implementacije i marketinške strategije 5G tehnologije, uzimajući u obzir različite

profile korisnika i njihove potrebe. Također, naglašava se potreba za edukacijom o prednostima 5G tehnologije i njenim poslovnim primjenama kako bi se povećala njena prihvaćenost među korisnicima.

5G tehnologija predstavlja prekretnicu u evoluciji mobilnih mreža, pružajući brzinu, kapacitet i latenciju potrebnu za revolucioniranje poslovanja. Njezine karakteristike omogućuju nove modele komunikacije, poslovne primjene i inovacije. U eri povezanih uređaja i brzih promjena, sposobnost 5G tehnologije da podrži širok spektar aplikacija čini je ključnom pokretačkom silom transformacije poslovnog svijeta u 21. stoljeću. Sveprisutna i brza povezanost koju 5G pruža omogućava poslovnim liderima da redefiniraju način na koji operiraju, komuniciraju i inoviraju.

LITERATURA

- Boyini, K. (2019): *Second-Generation (2G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/second-generation-2g-mobile-phones>
- Čizmić, M. (2020): *Što je točno 5G, kako radi i čemu služi?*, URL: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/sto-je-to-tocno-5g-kako-radi-i-cemu-sluzi---606685.html>
- Europski revizorski sud (2022): *Uvođenje 5G mreža u EU-u*. Tematsko izvješće; 03; URL: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR22_03/SR_Security-5G-networks_HR.pdf
- Fruehe, J.: *7 top 5G enterprise use cases and business opportunities*, URL: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/tip/Top-5G-use-cases-for-business-include-fixed-wireless-healthcare>
- Hill, S. (2019): *5G will undoubtedly be faster than LTE, but here's how else it will be different*, URL: <https://www.digitaltrends.com/mobile/5g-vs-lte/>
- Hrvatska enciklopedija (2021): *Javne pokretne telekomunikacije*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49051>
- Hrvatski Telekom: *Koliko je 5G zaista brz?*, URL: <https://www.hrvatskitelekom.hr/5g>
- IMNOVATION: *What Is 5G and How I sit Ushering in a New Hyperconnected Age?*, URL: https://www.imnovation-hub.com/society/what-is-5g/?_adin=11551547647
- Jansen, M. (2022): *5G vs. 4G: How does the newest network improve on the last?*, URL: <https://www.digitaltrends.com/mobile/5g-vs-4g/>
- Junald Arshad, M., Farooq, A., Shah, A. (2010): *Evolution and Development Towards 4th Generation (4G) Mobile Communication Systems*. *Journal of American Science*; 6(12): 63-68.
- Kharif, O., Moritz, S. (2017): *Upgrade to 5G Cost \$200 Billion a Year, May Not Be Worth It*, URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-18/upgrade-to-5g-costs-200-billion-a-year-and-may-not-be-worth-it#xj4y7vzkg>
- Patterson, D., Nandi, A. (2019): *5G explained: How it works, who it will impact, and when we'll have it*, URL: <https://www.cbsnews.com/news/5g-explained-how-it-works-who-it-will-impact-and-when-well-have-it/>
- Qualcomm.com: *Everything you need to know about 5G*, URL: <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>

- Remmert, H. (2021): *What is 5G Network Architecture?*, URL: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>
- Sam, S. (2019): *First-Generation (1G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/first-generation-1g-mobile-phones>
- Smith, C., Collins, D. (2000): *3G Wireless Networks*. McGraw-Hill TELECOM Professional
- Tele2: *Karta pokrivenosti*, URL: <https://www.tele2.hr/kartapokrivenosti/>
- T-Mobile for business: *The full spectrum: why T-Mobile's 5G network is your platform for innovation*, URL: <https://www.t-mobile.com/business/trends-insights/5g/benefits-of-5g-for-innovation>
- Thakur, A. (2020): *Third-Generation (3G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/third-generation-3g-mobile-phones>
- Tkahur, A. (2020): *Fourth Generation (4G) Mobile Phones*, URL: <https://www.tutorialspoint.com/fourth-generation-4g-mobile-phones>
- Viavisolutions.com: *What is 5G Architecture?*, URL: <https://www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-architecture>

POPIS TABLICA

Tablica 1 Usporedba 4G i 5G	3
Tablica 2 Demografska struktura ispitanika	33

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Korištena razina bežične tehnologije	35
Grafikon 2 Jesu li ispitanici čuli za 5G tehnologiju i koriste li ju.....	35
Grafikon 3 Svrha upotrebe 5G tehnologije.....	36
Grafikon 4 Dovoljnost brzine i kapaciteta 4G tehnologije za svakodnevne potrebe ispitanika	37
Grafikon 5 Uloga cijene u odluci između 4G i 5G tehnologije	37
Grafikon 6 Prednosti 5G spram prethodnih generacija bežičnih mreža	38
Grafikon 7 Mane 5G spram prethodnih generacija bežičnih mreža.....	39
Grafikon 8 Mišljenje ispitanika o dostupnosti 5G tehnologije široj javnosti	39
Grafikon 9 Mišljenje o ulozi 5G tehnologije u poslovanju	40
Grafikon 10 Ključne primjene 5G tehnologije u poslovnom svijetu	41
Grafikon 11 Doprinos 5G tehnologije većem ekonomskom rastu i inovacijama	41

PRILOZI – ANKETNI UPITNIK

1. Spol
 - a) M
 - b) Ž
2. Dob
 - a) ≤ 24
 - b) 25-30
 - c) 31-38
 - d) 39-50
 - e) ≥ 51
3. Stupanj obrazovanja
 - a) Osnovnoškolsko obrazovanje
 - b) SSS
 - c) VŠS
 - d) VSS
 - e) Poslijediplomski studij, doktorat
4. Prebivalište (regija)
 - a) Panonska Hrvatska
 - b) Jadranska Hrvatska
 - c) Grad Zagreb
 - d) Sjeverna Hrvatska
5. Zanimanje / zaposlenje
 - a) Državni službenik/ca
 - b) Javni/a djelatnik/ca
 - c) Poduzetnik/ica; obrtnik/ca
 - d) Direktor, šef, ravnatelj
 - e) Zaposlenik/ca u privatnoj firmi
 - f) Nezaposlen/a
 - g) Student/ica
 - h) Učenik/ca
 - i) Umirovljenik
6. Koju razinu bežične tehnologije trenutno koristite?
 - a) 2G

- b) 3G
 - c) 4G
 - d) 5G
 - e) Nisam siguran/na
7. Jeste li čuli za 5G tehnologiju i koristite li ju?
- a) Čuo/la sam i koristim
 - b) Čuo/la sam i ne koristim
 - c) Nisam čuo/la i ne koristim
 - d) Ne znam/ne želim odgovoriti
8. Ako ste korisnik, u koje svrhe upotrebljavate 5G tehnologiju?
- a) Privatne svrhe
 - b) Poslovne svrhe
 - c) Privatne i poslovne svrhe
 - d) Ne koristim
 - e) Ne znam/ne želim odgovoriti
9. Ocjenom od 1 do 5 navedite u kojoj mjeri smatrate da su brzina i kapacitet 4G mreža dovoljni za vaše svakodnevne potrebe? (Pritom vrijedi: 1-u potpunosti nedovoljni, 2-nedovoljni, 3-niti dovoljni, niti nedovoljni, 4-dovoljni, 5-u potpunosti dovoljni)
10. Biste li bili spremni platiti više cijenu za mobilni paket koji uključuje 5G tehnologiju u usporedbi s jeftinijim 4G paketom?
- a) Odlučio/la bih se za skuplju 5G tehnologiju
 - b) Odlučio/la bih se za jeftiniju 4G tehnologiju
 - c) Ne znam/ne želim odgovoriti
11. Koje su, po vašem mišljenju, prednosti 5G tehnologije u odnosu na starije generacije bežičnih mreža? (Moguće više odgovora)
- a) Veća brzina
 - b) Manja latencija (smanjenje vremena kašnjenja)
 - c) Veći kapacitet
 - d) Podrška za IoT
 - e) Unaprjeđene poslovne primjene
 - f) Drugo: _____
12. Koje su, po vašem mišljenju, mane 5G tehnologije u odnosu na starije generacije bežičnih mreža? (Moguće više odgovora)
- a) Infrastrukturni zahtjevi

- b) Povećana potrošnja energije i podataka
- c) Niži domet
- d) Veći troškovi implementacije
- e) Interferencija i prepreke
- f) Sigurnosne prijetnje
- g) Zdravstveni razlozi (potencijalan utjecaj visokih frekvencija na zdravlje)
- h) Kompatibilnost sa starijim uređajima
- i) Drugo:_____

13. Što mislite o dostupnosti 5G tehnologije široj javnosti?

- a) Mislim da je 5G tehnologija već široko dostupna i pristupačna većini ljudi
- b) Vjerujem da je 5G tehnologija dostupna samo u većim gradovima i razvijenim područjima
- c) Čuo/la sam za 5G, ali nisam siguran/na koliko je dostupna običnim korisnicima
- d) Smatram da je 5G u većoj mjeri još uvijek rezerviran za poslovne korisnike i institucije, a manje za širu javnost
- e) Nisam upoznat/a s dostupnošću 5G tehnologije

14. Ocjenom od 1 do 5 navedite u kojoj mjeri smatrate da je za poslovanje poduzeća važno da prijeđu na 5G tehnologiju? (Pritom vrijedi: 1-u potpunosti nevažno, 2-nevažno, 3-niti važno, niti nevažno, 4-važno, 5-u potpunosti važno)

15. Koje su, po vašem mišljenju, ključne primjene 5G tehnologije u poslovnom svijetu?

(Moguće više odgovora)

- a) Unaprjeđenje komunikacije
- b) Povećanje produktivnosti
- c) Internet stvari (IoT) u poslovanju
- d) Uspostava pametnih tvornica
- e) Dostava i logistika
- f) Medicinske primjene
- g) Virtualna i proširena stvarnost
- h) Financijske usluge
- i) Edukacija i obrazovanje
- j) Turizam i ugostiteljstvo
- k) Sigurnost i nadzor
- l) Umrežavanje vozila
- m) Drugo:_____

16. Smatrate li da uvođenje 5G tehnologije doprinosi većem ekonomskom rastu i inovacijama?

- a) Da, u potpunosti
- b) Djelomično
- c) Ne
- d) Ne znam/ne želim odgovoriti

17. Kako mislite da će se 5G tehnologija razvijati i utjecati na naš način života u budućnosti?

SAŽETAK

Tehnološki napredak ključan je za poticanje inovacija i rasta u suvremenom poslovnom okruženju. Uvođenje mobilnih mreža promijenilo je način komunikacije i poslovanja organizacija, s generacijama mobilnih mreža koje odražavaju dinamični razvoj tehnologije. Prve generacije (1G do 4G) pratile su rastuće potrebe korisnika, omogućavajući glasovnu i podatkovnu komunikaciju te pristup internetu. 5G tehnologija predstavlja prekretnicu u evoluciji mobilnih mreža, nudeći brzinu, kapacitet i nisku latenciju potrebnu za revolucioniranje poslovanja. Osnova 5G-a su tri ključna aspekta: poboljšana širokopolasna komunikacija, izuzetno pouzdane i niske latencije te podrška masovnoj komunikaciji uređaja putem Interneta stvari (IoT). Ova nova generacija omogućava trenutno preuzimanje i prijenos sadržaja, uz realno-vremensku interakciju ključnu za pametne tvornice i autonomna vozila. Poslovne primjene 5G-a su brojne, uključujući unaprjeđenje komunikacije, povećanje produktivnosti te razvoj interneta stvari. U ovome je radu provedeno istraživanje o percepciji i stavovima prema 5G tehnologiji. Ispitanici uviđaju važnost 5G tehnologije u transformaciji poslovnog svijeta. Iako su stavovi korisnika raznoliki, s nekim preferencijama za 4G opciju zbog cijene, istraživanje naglašava potrebu za prilagodbom marketinške strategije i edukacijom kako bi se povećala prihvaćenost 5G tehnologije. Sposobnost 5G-a da podrži širok spektar aplikacija čini ga ključnim faktorom u transformaciji poslovnog svijeta u 21. stoljeću.

Ključne riječi: 5G tehnologija, pokretne mreže, poslovna primjena, Internet stvari(IoT)

SUMMARY

Technological advancement is crucial for fostering innovation and growth in the contemporary business environment. The introduction of mobile networks has transformed the way organizations communicate and operate, with generations of mobile networks reflecting the dynamic development of technology. The initial generations (1G to 4G) have followed escalating user needs, enabling voice and data communication as well as internet access. The 5G technology signifies a milestone in the evolution of mobile networks, offering the speed, capacity, and low latency necessary for revolutionary business transformation. The foundation of 5G lies in three key aspects: enhanced mobile broadband communication, ultra-reliable and low latency communication, and support for massive device communication through the Internet of Things (IoT). This new generation enables instant content download and transmission, with real-time interaction crucial for smart factories and autonomous vehicles. The business applications of 5G are numerous, including improved communication, increased productivity, and IoT development. This study conducted research on perceptions and attitudes towards 5G technology. Respondents recognize the importance of 5G technology in transforming the business world. While user opinions are diverse, with some leaning towards 4G due to cost considerations, the research underscores the need for adaptive marketing strategies and education to enhance the acceptance of 5G technology. The ability of 5G to support a wide range of applications makes it a pivotal factor in the transformation of the business world in the 21st century.

Keywords: 5G technology, mobile networks, business application, Internet of Things(IoT)