# Podatkovni promet pametnih telefona novih generacija

**Gjurin, Hrvoje**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:388100

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**



*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository









Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

# ZAVRŠNI RAD

# PODATKOVNI PROMET PAMETNIH TELEFONA NOVIH GENERACIJA

# NEW GENERATIONS SMARTPHONES DATA TRAFFIC

Mentor: doc. dr. sc. Siniša Husnjak

Student: Hrvoje Gjurin

JMBAG: 0135237861

Zagreb, studeni 2021.

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

Zagreb, 11. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Terminalni uređaji**

# ZAVRŠNI ZADATAK br. 6260

Pristupnik: **Hrvoje Gjurin (0135237861)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Podatkovni promet pametnih telefona novih generacija**

Opis zadatka:

Opisati pametne telefone novih generacija. Obrazložiti trendove u generiranju podatkovnog prometa. Prikazati razvoj komunikacijskih mreža i povezanih terminalnih uređaja. Istaknuti arhitekturu pametnih telefona 4G i 5G. Opisati generiranje prometa pametnih telefona 4G i 5G.

Mentor:

doc. dr. sc. Siniša Husnjak

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

# PODATKOVNI PROMET PAMETNIH TELEFONA NOVIH GENERACIJA


## SAŽETAK

Korištenje podatkovnog prometa na pametnim telefonima novih generacija postaje sve veći trend iz dana u dan. Mobilni operatori nude mobilne tarife sa velikom količinom podatkovnog prometa po vrlo niskim cijenama. Radom je prikazano generiranje mobilnih podataka na globalnoj razini u vremenskom periodu od 5 godina. Vidljivo je prikazano koju su dobrobiti 5G tehnologije, što sve ona omogućuje i u kojim područjima. Također, jednako važno, prikazano je koliko 5G tehnologija ima veliki utjecaj za korištenje i implementiranje Internet stvari (eng. *Internet of Things,* IoT). Nadalje, prikazan je odnos brzina preuzimanja datoteka između 5G tehnologije i ostalih mrežnih tehnologija te su analizom vidljiva različita vremena potrebna za preuzimanje datoteka istih veličina.



Ključne riječi:

Podatkovni promet, uređaji, 5G tehnologija, IoT


# NEW GENERATIONS SMARTPHONES DATA TRAFFIC


## SUMMARY:

From each day on, the usage of mobile data on the new generation smartphones is starting to be a bigger trend. Mobile operators are offering mobile tariffs with a large amount of data traffic at low prices. The paper visibly shows the global consumption of mobile data over a period of 5 years. The goal of this paper is to show the benefits of 5G technology and what it has to offer and in which areas. Also, we have to mention how 5G technology has a big impact on the usage and implemention of the Internet of Things. Furthermore, this paper will look into the speed difference in downloading video files between 5G technology and other network technologies, so the analysis shows an insight into the different times needed to download files of the same size.



Keywords:

Data traffic, devices, 5G technology, IoT

# Sadržaj


1. Uvod ... 1
2. Općenito o pametnim telefonima novih generacija ... 3
   2.1 Trendovi pametnih telefona novih generacija ... 5
   2.2 Operativni sustavi pametnih telefona novih generacija ... 9
   2.3 Sigurnost pametnih telefona novih generacija ... 13
3. Trendovi u generiranju podatkovnog prometa ... 15
   3.1 Generiranje podatkovnog prometa na globalnoj razini ... 15
   3.2 Generiranje podatkovnog prometa – Video ... 17
4. Razvoj komunikacijskih mreža i povezanih uređaja ... 19
   4.1 Generacije mobilnih mreža ... 19
   4.2 Budućnost povezanih uređaja ... 22
5. Arhitektura pametnih telefona 4G i 5G ... 25
   5.1 Procesori ... 27
      5.1.1 Samsung Exynos 2100 5G ... 27
      5.1.2 Snapdragon 888 ... 27
   5.2 Zasloni ... 29
      5.2.1 OLED zaslon ... 29
      5.2.2 Dinamički AMOLED 2X zaslon ... 29
   5.3 Kamere ... 31
6. Generiranje prometa pametnih telefona 4G i 5G ... 33
   6.1 Mjerenje generiranog prometa na Wi-Fi mreži ... 34
   6.2 Mjerenje generiranog prometa na H+ MREŽI ... 35
   6.3 Mjerenje generiranog prometa na 4G+ MREŽI ... 36
   6.4 Mjerenje generiranog prometa na 5G MREŽI ... 37
   6.5 Rezultati mjerenja ... 38
7. Zaključak ... 40

Popis literature ... 42

Popis slika ... 45

Popis grafikona ... 46

Popis tablica ... 47

# 1. Uvod

Ubrzanim napretkom komunikacijskih tehnologija postaje sve veća potražnja za pametnim telefonima novih generacija. Iako je 5G tehnologija tek u testnim fazama, većina proizvođača je počela proizvoditi pametne telefone koji podržavaju istu tehnologiju. Cilj ovog završnog rada je prikazati neke od koristi pametnih telefona novih generacija kod generiranja prometa. Generacije mreža koje će biti pokrivene u radu su H+, 4G+, 5G te kućni Wi-Fi. Završni rad je podijeljen u 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o pametnim telefonima novih generacija
3. Trendovi u generiranju podatkovnog prometa
4. Razvoj komunikacijskih mreža i povezanih uređaja
5. Arhitektura pametnih telefona 4G i 5G
6. Generiranje prometa pametnih telefona 4G i 5G
7. Zaključak

U prvome djelu, odnosno uvodnom djelu rada, definiran je cilj i opisan je sadržaj završnog rada.

U drugome poglavlju opisane su promjene telefona kroz godine njihova razvoja u dizajnu i specifikacijama. Sve do danas, kada možemo reći da su pametni telefoni svima dostupni i toliko modernizirani da predstavljaju računala u ruci. Shodno tome, spominju se neki od trendova pametnih telefona novih generacija i pojedini najpopularniji proizvođači. Pa tako i trendovi korištenja operativnih sustava u raznim državama. Pokrivene su i sigurnosne zaštite na pametnim telefonima novih generacija.

Treće poglavlje daje uvid u generiranje podatkovnog prometa na razini ukupnog globalnog web prometa. Opisana su predviđanja za generiranje mobilnih podataka do 2026. godine prema generacijama mreža. Također, prikazano je kako video sadržaj zauzima najveći udio kod generiranja podatkovnog prometa na pametnim telefonima novih generacija.

U četvrtom poglavlju obrađen je razvoj komunikacijskih mreža i povezanih uređaja. Zatim su opisane generacije mobilnih mreža, njihove specifikacije i razvijanje na godišnjoj razini. Sagledava se budućnost povezanih uređaja, odnosno ističe se sve veća prednost korištenja IoT-a.

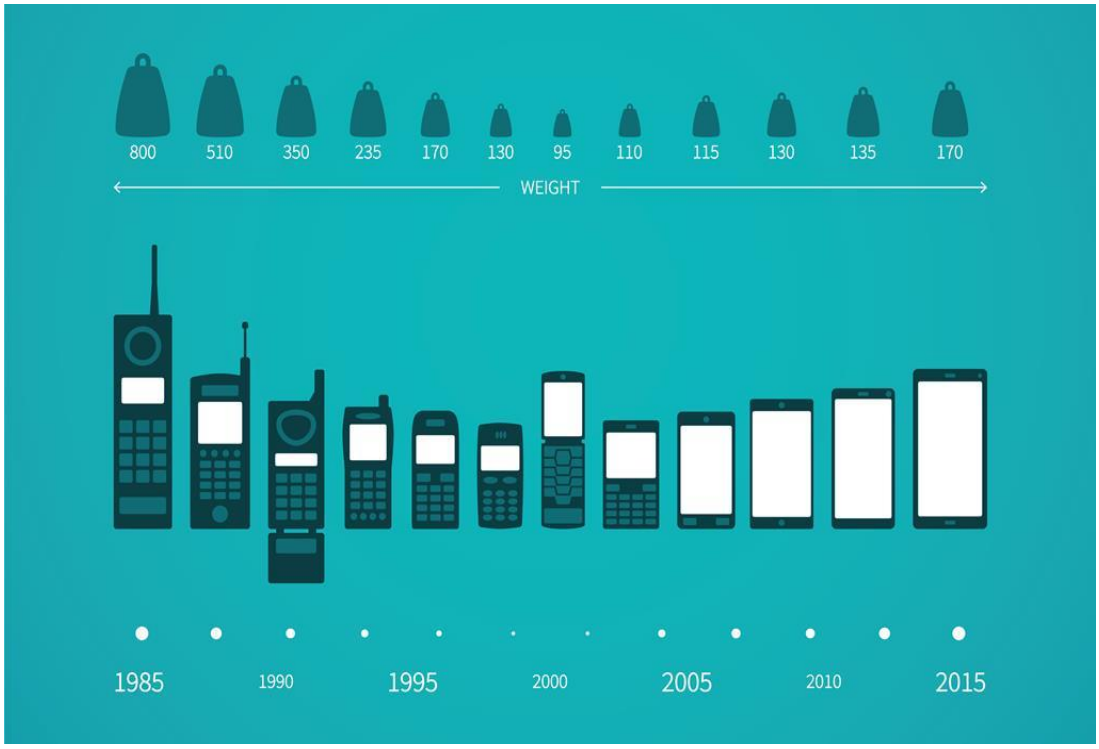
Peto poglavlje pokriva arhitekturu 4G i 5G pametnih telefona novih generacija. Opisana su dva najpoznatija procesora Samsung Exynos 2100 5G i Snapdragon 888. Također, obrađeni su OLED i dinamički AMOLED 2x zasloni. Na kraju poglavlja spominju se kamere i njihove specifikacije. Za primjer je uzet Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaj.

U šestom poglavlju će biti opisana mjerenja podatkovnog prometa po generacijama mreže. Za mjerenja će biti korištene H+, 4G+, 5G mreže i kućni Wi-Fi. Nakon mjerenja se nalazi analiza dobivenih vrijednosti mjerenja generiranog podatkovnog prometa.

Sedmo poglavlje predstavlja zaključno poglavlje u kojemu su opisana završna razmišljanja utemeljena na cjelokupnom radu i rezultatima analize.

## 2. Općenito o pametnim telefonima novih generacija

Tehnologija pametnih telefona u 21. stoljeću doživjela je svoj vrhunac i tome svjedoči činjenica da svaka druga ili treća osoba posjeduje pametni telefon. Što zaključno vodi ka tome da su pametni telefoni svuda oko nas i da je pojedincu teško zamisliti život bez njih. Shodno takvoj potrebi i potražnji, pametni telefoni počeli su se generacijski izmijenjivati. U početku su to bili mali uređaji sa tipkovnicama i vrlo malenim ekranom, a danas se može uočiti značajna razlika u dizajnu i specifikacijama. Prve promjene mogle su se uočiti u veličini uređaja, a kasnije i u zaslonu na dodir koji je uspješno zamijenio tipkovnicu. Današnji trendovi su takvi da se sve više teži ka što većim dimenzijama te ekranu, „od ruba do ruba“.




**Slika 1.** Evolucija pametnih telefona kroz godine

Izvor: [1]

Kao što slika 1. prikazuje, mobilni telefoni su imali jako velike promjene kroz zadnja tri desetljeća. Trendovi u pogledu samog dizajna uređaja poprilično su varirali. U samom početku razvoja mobilnih uređaja, uređaji su bili veliki i teški, a imali su jako maleni ekran. Važno je napomenuti da su takvi prvi uređaji imali velike antene na kućištu te jako velike tipke. Zatim

početkom 21. stoljeća, trendovi dizajniranja mobilnih uređaja nastavljaju sa promjenama. Težilo se manjim i lakšim uređajima kako bi omogućili lakšu mobilnost samog uređaja. Današnji trendovi su potpuno drugačiji, prije svega zahvaljujući samom razvoju tehnologije. Društvo želi velike ekrane na svojim pametnim telefonima, ekrane od-ruba-do-ruba i da sami uređaji budu lagani. U zadnjih nekoliko godina tehnologija je čak omogućila da pametni telefoni imaju savitljive ekrane. Stoga, neupitno je da će se trendovi u dizajniranju pametnih telefona mijenjati još u narednim desetljećima.

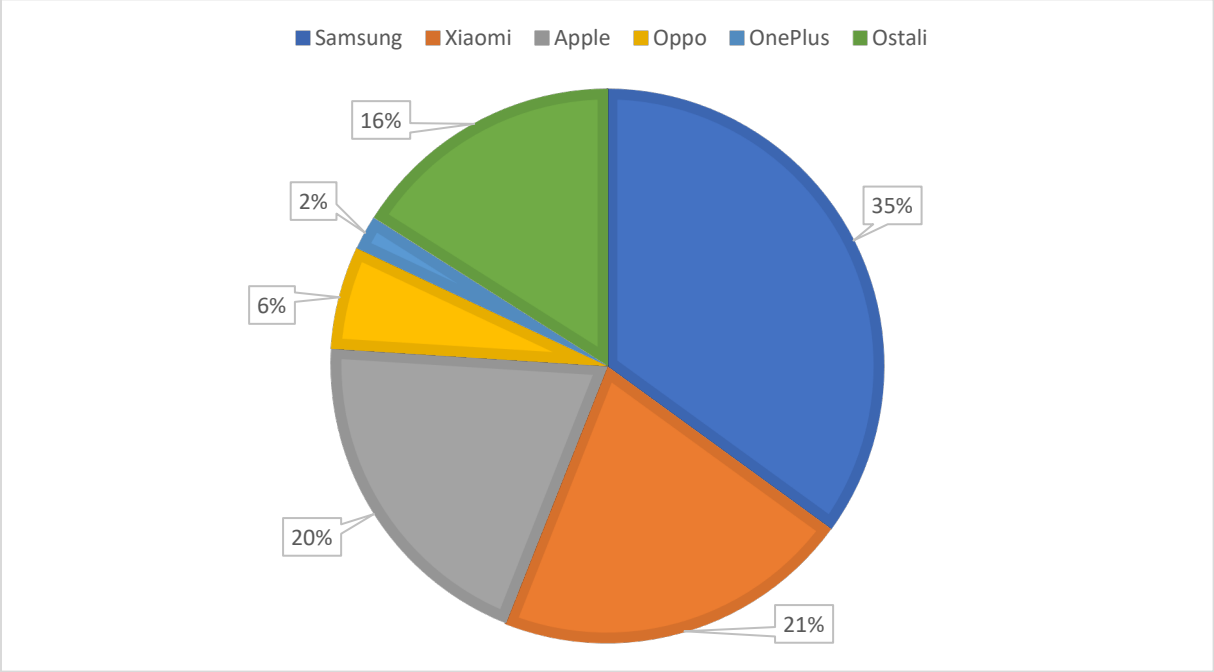
Nove generacije pametnih telefona možemo promatrati poput osobnih računala na dlanu. I uz pomoć takvih jakih „računala“ u ruci, postoje mnogobrojne opcije. Neke od njih su gledanje multimedijskih sadržaja u full HD ili 4K rezoluciji (*Netflix, Youtube, Twitch,* itd.), igranje video igara, video konferencije u stvarnom vremenu, korištenje društvenih mreža, stvaranje vlastitog multimedijskog sadržaja.

Kao izvrstan primjer jakog „računala“ u ruci u pogledu najnovije generacije može biti Samsung Galaxy S21 Ultra 5G. Njegove specifikacije djeluju vrlo snažno, a samo neke od vrlo impresivnih specifikacija čine ekran od 6.8 inča, kamera od 108 MP (*mega piksela*) sa opcijom od 100x zoom, procesor od čak 8 do 16 GB (eng. *Gigabyte*) RAM-a (Exynos 2100) te baterija od 5000 mAh (Li-Ion), [2]. Za korisnike koji žele svoje pametne telefone pretvoriti u radnu površinu poput osobnog računala, tvrtka Samsung je to omogućila upotrebom Samsung DeX-a (engl. *Desktop eXperience*). Samsung DeX omogućuje korisnicima da svoje pametne telefone prošire u iskustvo poput radne površine povezivanjem na monitor te tipkovnice i miša. Samsung je DeX značajku prvi puta omogućio na svojim Galaxy S8 i S8+ pametnim telefonima, a nastavio je podržavati značajku na svim svojim najnovijim vodećim (engl. *Flagship* models) pametnim telefonima.

## 2.1 Trendovi pametnih telefona novih generacija

Unatoč prevrtljivom i neizvjesnom mobilnom tržištu u 2020. godini, na neke proizvođače pametnih telefona to se nije nepovoljno odrazilo. Prema istraživanjima Counterpoint Research Market Pulse, kada je riječ o prodaji pametnih telefona, tvrtka Samsung je i dalje u samom vrhu na Europskom tržištu. Imaju najširu zastupljenost među najpopularnijim brendovima pametnih telefona u Europi, kao što je to jasno vidljivo iz sljedećeg grafikona.

Grafikon 1: Najpopularniji brendovi pametnih telefona u Europi u prvom kvartalu 2021. godine



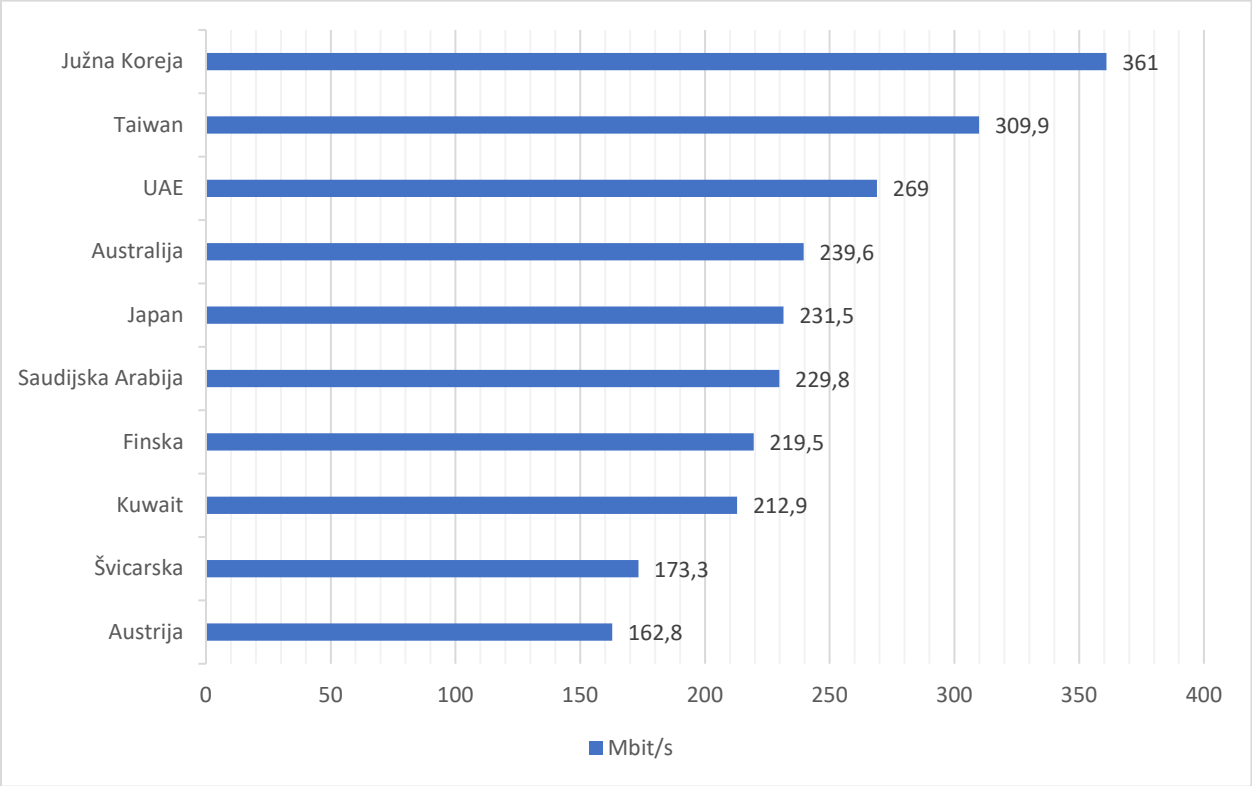

Izvor: [3]

Grafikon 1. prikazuje 5 najpopularnijih proizvođača pametnih telefona u Europi. Na temelju podataka u 1. tromjesečju 2021. godine, u Europi, prvo mjesto, kao najpopularniji proizvođač pametnih telefona je tvrtka Samsung (35%). Drugo mjesto zauzela je tvrtka Xiaomi (21%), koja je za samo 1 % ispred tvrtke Apple (20%) koja se nalazi na trećem mjestu. Iza Apple-a, na četvrtom mjestu je tvrtka Oppo (6%) i na petom mjestu najpopularnijih proizvođača pametnih telefona u Europi, nalazi se tvrtka OnePlus (2%). Ostale tvrtke zauzimaju 16% Europskog tržišta.

Rapidnim razvijanjem tehnologija promiče se kreativnost kod proizvođača pametnih telefona, što dovodi do nekih novih trendova i poboljšanja u dizajnu. Primjerice, tvrtka Samsung, jedna među prvim tvrtkama koja se dosjetila i proizvela preklopni pametni telefon sa ekranom osjetljivim na dodir (*touchscreen*). To je Samsung Galaxy Fold, predstavljen 2019. godine. Veličina primarnog ekrana, poput tableta, bila je 7,30 inča sa rezolucijom od 1536x2152 piksela te gustoćom piksela od 326 piksela po inču (ppi). Dok je veličina sekundarnog ekrana, u funkciji pametnog telefona, bila 4,60 inča sa rezolucijom od 720x1680 piksela te gustoćom piksela od 399 piksela po inča (ppi), [4]. Ovim zahtjevnim iskorakom u dizajniranju pametnih telefona, tvrtka Samsung pokazala je da sa uporabom savitljivih ekrana osjetljivih na dodir, možemo u jednom uređaju imati pametni telefon, ali i tablet.

Trenutno najveći trend koji prati pametne telefone novijih generacija jest 5G tehnologija. 5G tehnologija je nova generacija mobilne internetske povezanosti koja nudi veće brzine prijenosa i pouzdanije veze na pametnim telefonima te drugim uređajima više nego ikad prije. 5G nudi teorijski procijenjene brzine do 10 Gbit/s, što je čak 100 puta brže nego kod postojećih 4G mreža. To bi značilo da omogućuje preuzimanje filma u svega nekoliko sekundi, što je dosadašnji rekord. Većina aplikacija moći će se koristiti u oblaku, bez potrebe za njihovim preuzimanjem na pametni telefon, [5].

Grafikon 2: Top 10 država prema brzinama u preuzimanju na pristupnoj mreži 5G




Izvor: [6]

Prema navedenom grafikonu prikazano je 10 država sa najvećim prosječnim 5G brzinama preuzimanja. Na temelju podataka u 1. tromjesečju 2021. godine, Južna Koreja je zauzela prvo mjesto kao država sa najvećom prosječnom 5G brzinom preuzimanja (361 Mbit/s), a na zadnjem, desetom mjestu se nalazi Austrija (162,8 Mbit/s).

5G je relativno nova tehnologija i iz toga razloga je njena upotreba na tržištu ograničena. To je nova generacija mobilne mreže koju zasada podržavaju samo aktualni, noviji modeli pametnih telefona. Na našem tržištu trenutno postoji nekoliko pametnih telefona sa opcijom podržavanja 5G tehnologije. Primjerice, jedan od najjeftinijih uređaja koji podržava 5G tehnologiju je Samsung Galaxy A32 5G, dok neki od najskupljih uređaja bi bili Samsung Galaxy S21 Ultra 5G ili Apple iPhone 12 Pro Max 5G. Cijene za spomenute uređaje i još nekoliko od drugih proizvođača, prema njihovim modelima i specifikacijama su navedene u sljedećoj tablici.

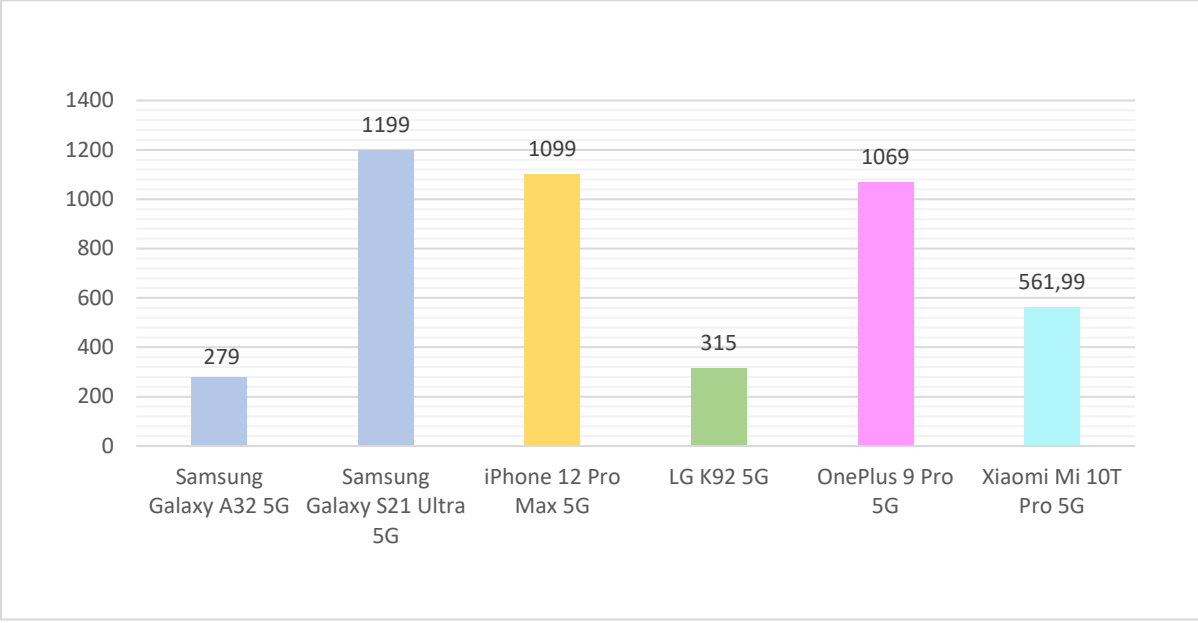
**Tablica 1.** Prikaz raspona cijena 5G pametnih telefona prema specifikacijama

| | PROIZVOĐAČ | MODEL | SPECIFIKACIJE | CIJENA |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Samsung | Galaxy A32 5G | 64GB 4GB RAM | 279,00 $ |
| | | Galaxy S21 Ultra 5G | 128GB 12GB RAM | 1.199,00 $ |
| **2** | Apple | iPhone 12 Pro Max 5G | 128GB 6GB RAM | 1.099,00 $ |
| **3** | LG | K92 5G | 128GB 6GB RAM | 315,00 $ |
| **4** | OnePlus | 9 Pro 5G | 256GB 12GB RAM | 1.069,00 $ |
| **5** | Xiaomi | Mi 10T Pro 5G | 256GB 8GB RAM | 561,99 $ |

Izvor: [7]

U tablici 1, prikazane su cijene uređaja od nekoliko najpopularnijih proizvođača pametnih telefona novih generacija. Možemo vidjeti da je uređaj Samsung Galaxy S21 Ultra 5G najskuplji od svih prikazanih iako ima manje unutarnje memorije od OnePlus 9 Pro 5G. Također, treba prikazati veliku razliku u cijenama između uređaja iPhone 12 Pro Max 5G koji je gotovo dvostruko puta skuplji od Xiaomi Mi 10T Pro 5G koji ima više RAM memorije i dvostruko više unutarnje memorije.

Grafikon 3: Raspon cijena 5G uređaja u američkim dolarima




Izvor: [7]

Grafikon 3 prikazuje grafički odnos cijena između uređaja proizvođača koji su već spomenuti unutar tablice 1.

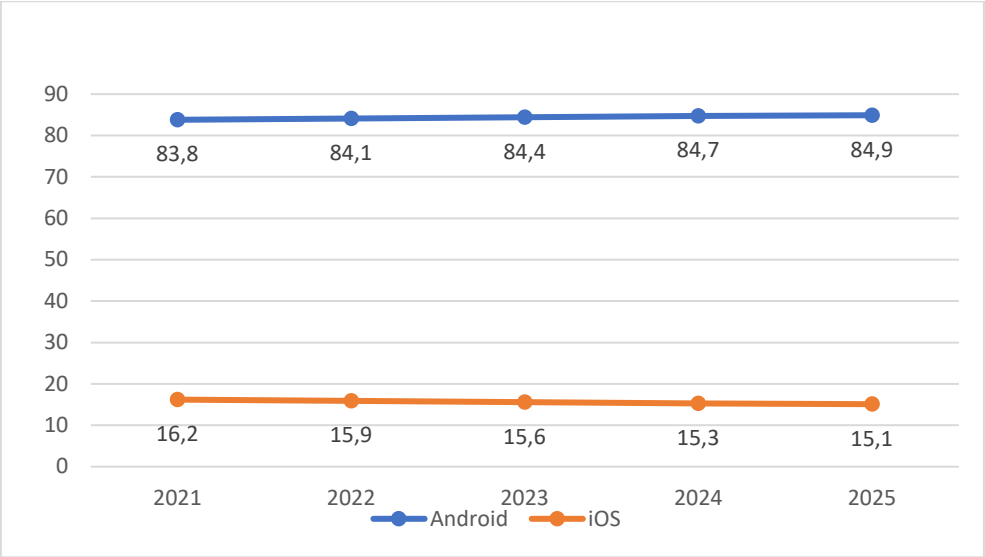
## 2.2 Operativni sustavi pametnih telefona novih generacija

Operativni sustav (engl. *Operating system - OS*) je softver koji predstavlja vezu između korisnika računala i računarskog hardvera. OS mobilnim uređajima poput pametnih telefona, tableta i drugih pametnih uređaja omogućava se pokretanje aplikacija i drugih programa. Kako su se s godinama pametni telefoni generacijski razvijali, sve je jasnije bilo da su mobilni telefoni utemeljeni na OS-ima kojima su se do nedavno koristila računala. I zbog takve spoznaje može se reći kako navedeni uređaji s pravom imaju karakteristiku „pametni“.

Većina mobilnih operativnih sustava funkcionira samo na određenom hardveru. Primjerice, iPhone uređaji imaju iOS, a Google Pixel i Samsung pametni telefoni zaseban Android sustav. Na primjer, neki od Samsung uređaja su funkcionirali na OS Bada. Bada OS je prekinuta 2013. godine, kada su Samsung programeri odlučili spojiti Badu s projektom Tizen. I primjerice, danas postoje Samsung pametni satovi, fotoaparati i drugi pametni uređaji poput pametnih hladnjaka koji koriste Tizen OS.

Dva najpoznatija mobilna operativna sustava su OS Android i iOS. Prema zastupljenosti OS-a pametnih telefona, na globalnoj razini OS Android značajno dominira. Također, Android ima nešto veću korisničku bazu jer je dostupan na mnogim uređajima raznih proizvođača, poput Samsung, Xiaomi, Google Pixel, Motorola, Nokia i drugih. Dok je kod iOS-a potpuno drugačija situacija jer je iOS zatvoreni sustav te radi samo na Apple-ovim proizvodima, [8].

Grafikon 4: Zastupljenost OS-a pametnih telefona na globalnoj razini, od 2021. do 2025. godine

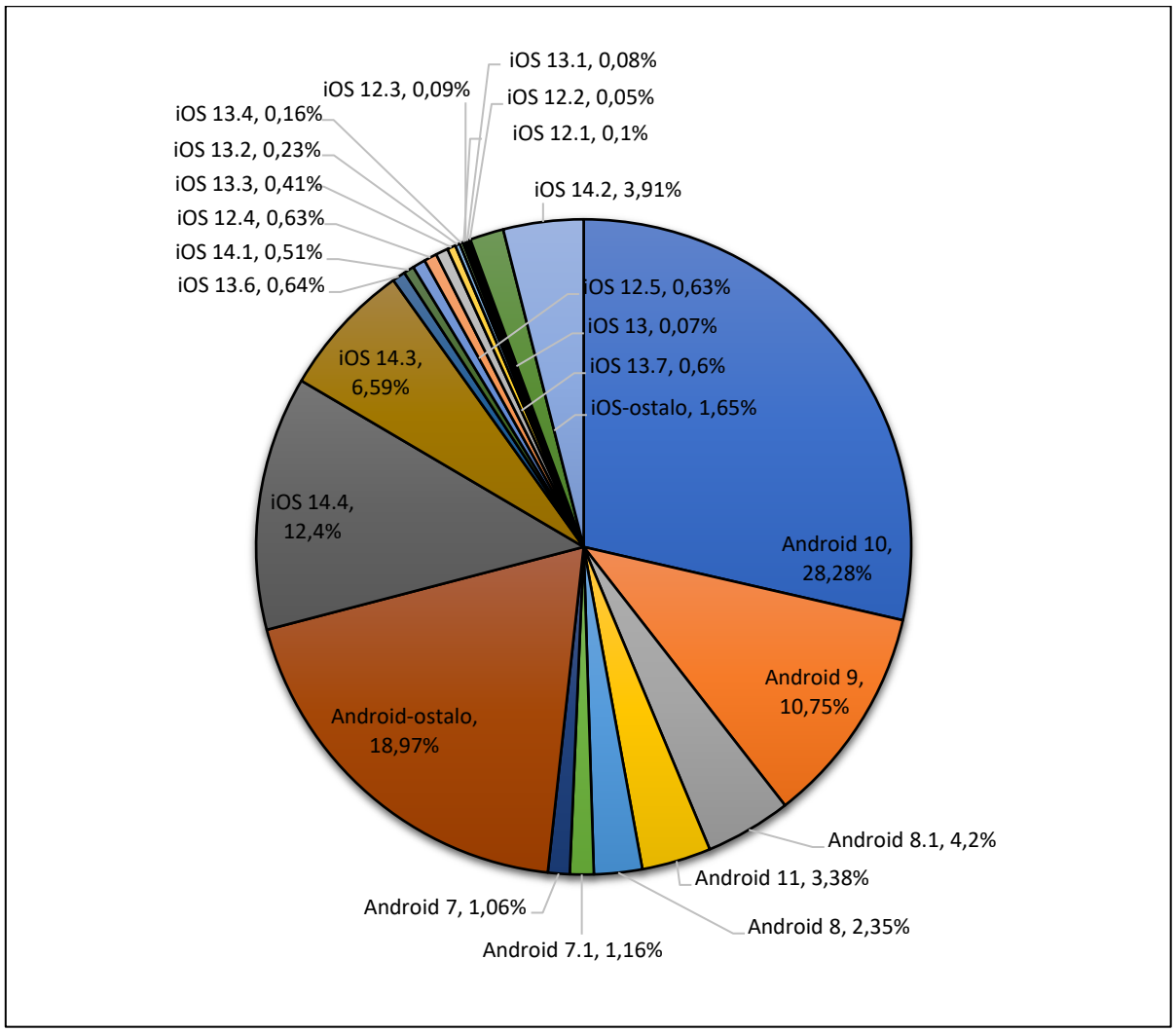



Izvor: [9]

Grafikon 4 prikazuje prognozu svjetskog tržišnog udjela OS-a za period od pet narednih godina. Prema istraživanjima International Data Corporation (IDC) zabilježeno je da bi OS Android u idućih pet godina mogao narasti sa 83,8% na 84,9%, što znači da bi imao porast na svjetskom tržištu od 1,1%. Apple iOS u istom istraživanju ima negativne rezultate. Istraživanja pokazuju da bi u idućih pet godina trebao pasti sa 16,2% na 15,1%, što znači da bi izgubio 1,1% ukupnog svjetskog tržišta.

U prvom kvartalu 2021. godine, prema istraživanju Mobile Overview Report (MOVR) navedeno je da je na globalnoj razini korištenja OS-a, OS Android 10 najpopularnija verzija na pametnim telefonima sa čak 28,28% ukupnog udjela. Kod Apple iOS-a, najpopularnija verzija je Apple iOS 14.4 sa 12,40% ukupnog udjela, [10]. Navedeno je detaljnije prikazano u grafikonu 5.

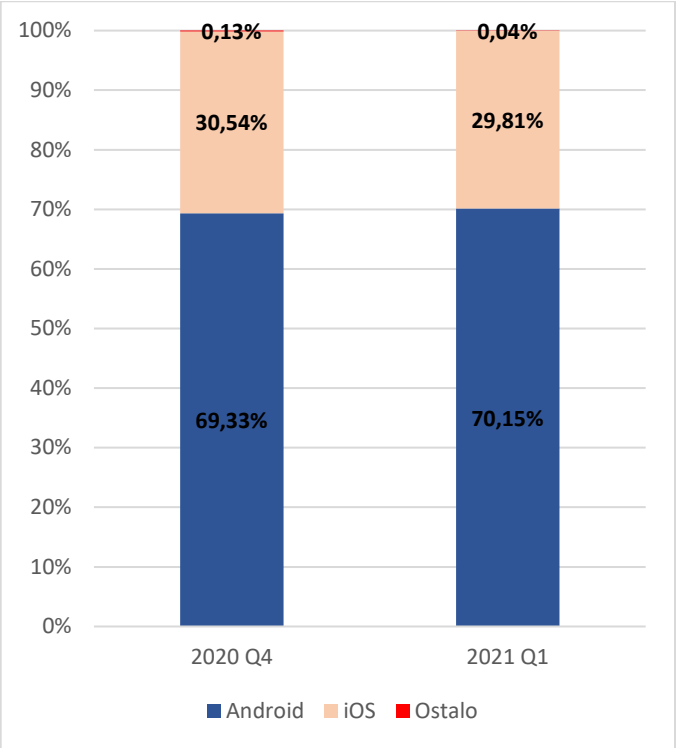
Grafikon 5: Postotci korištenja OS Android i Apple iOS na globalnoj razini u prvom kvartalu 2021. godine




Izvor: [10]

Grafikon 5 prikazuje postotak korištenja raznih verzija OS Android i Apple iOS na globalnoj razini za prvi kvartal 2021. godine. Istraživanja su pokazala da je najzastupljenija verzija OS Android, verzija 10 sa 28,28% ukupnog globalnog tržišta, a verzija Android 7 najmanje zastupljena sa samo 1,06%. Sa strane Apple iOS-a, najzastupljenija verzija je iOS 14.4 sa 12,4% ukupnog globalnog tržišta, dok je iOS 12.2 najmanje zastupljena OS verzija sa 0,05%. Pod Android-ostalo podrazumijevaju se OS verzije prije Android 7, a pod iOS-ostalo se podrazumijevaju verzije prije iOS 12.

Grafikon 6: Usporedba zastupljenosti OS-a pametnih telefona između četvrtog kvartala 2020. godine i prvog kvartala 2021. godine




Izvor: [10]

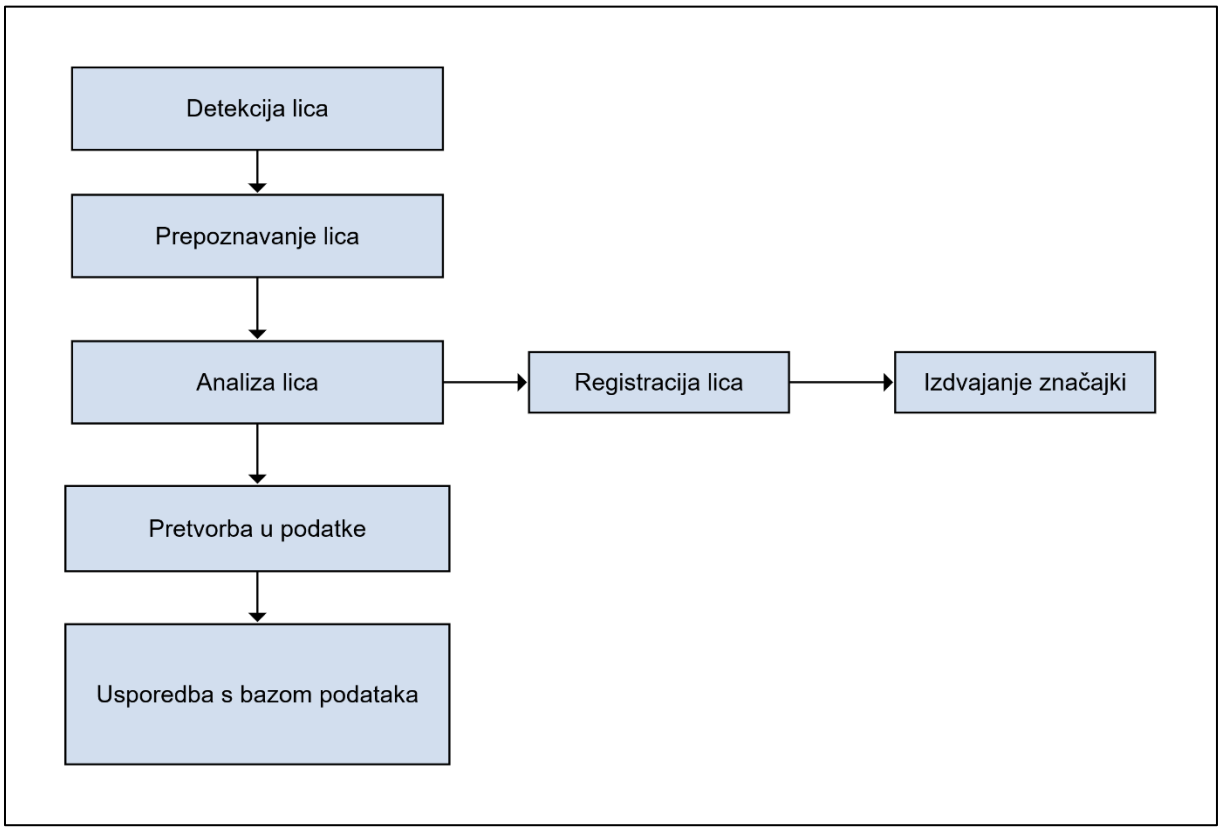
U grafikonu 6. može se vidjeti usporedba zastupljenosti OS-a pametnih telefona prema službenom istraživanju Mobile Overview Report (MOVR). Povlači se paralela zastupljenosti OS-a u periodima između četvrtog kvartala 2020. godine te prvog kvartala 2021. godine. Iz grafa je vidljivo da je OS Android u četvrtom kvartalu 2020. godine imao zastupljenost od 69,33%, dok je u prvom kvartalu 2021. godine narasla zastupljenost na 70,15%. Ukupno povećanje zastupljenosti OS Android na globalnoj razini, u spomenutom razdoblju istraživanja je naraslo za 0,82%. Apple-ov iOS je u četvrtom kvartalu imao zastupljenost od 30,54%, dok je ta zastupljenost u prvom kvartalu 2021. godine pala na 29,81%. iOS je u spomenutom razdoblju imao gubitak od 0,73%. U konačnici, očigledna je promjena zastupljenosti ostalih OS verzija. Pa tako, u četvrtom kvartalu 2020. godine zastupljenost je bila 0,13%, a u prvom kvartalu 2021. godine pala je na 0,04%. To bi značilo da bilježi ukupni pad zastupljenosti za 0,09%.

## 2.3 Sigurnost pametnih telefona novih generacija

Kada je riječ o sigurnosnim tehnologijama, važno je istaknuti da nove generacije pametnih telefona podržavaju nove i bolje opcije zaštite i sigurnosti. Zbog svakodnevnih rizika poput preuzimanja osobnih ili bankovnih podataka, takve tehnologije pojedincu mogu biti od velike važnosti. Najpopularnije od njih, mimo uobičajenog unošenja šifre, jesu identifikacije (*ID*) otiska prsta, dodirne podloge (*touchpad*) te softver koji služi za prepoznavanje lica. Za spomenuti softver koji služi za prepoznavanje lica, možemo reći da je to relativno nova tehnologija kod pametnih telefona novih generacija.

Tehnologija za prepoznavanje otiska prsta funkcionira tako da senzor očitava razlike u sitnim nizovima paralelnih grebena na prstu, te ih zatim uspoređuje sa snimkom otiska prsta koja je unaprijed napravljena i spremljena. Ta tehnologija je prvi puta bila implementirana i predstavljena 2013. godine na pametnom telefonu proizvođača Apple model iPhone 5s. Neki od čimbenika koiji mogu nepovoljno utjecati na identificiranje otiska prsta jesu prljavština i masnoća na prstu, rukavice ili čak fizičko oštećenja prsta. Također, ne postoji stopostotna garancija za ništa, tako da uvijek postoji šansa da će tuđi otisak prsta moći otključati naš telefon, ali ona je vrlo malena, gotovo nepostojeća.

Prilikom prepoznavanja lica pametni telefoni koriste biometrijsku softversku aplikaciju za identificiranje i provjeru ljudi analizirajući jedinstvene značajke njihova lica. Prepoznavanje lica koristi samo naše lice za otključavanje telefona. Tehnologija prepoznavanje lica na pametnim telefonima ima nekoliko prednosti, kao što su brzina, mogućnost rada s ugrađenom kamerom na mobitelu, itd. Također, kao i kod vlastitog otiska prsta, šansa da slučajna osoba tuđim licem otključa tuđi telefon vjerojatno postoji, ali je ona vrlo mala i rijetka, [11].




**Slika 2:** Koraci tijekom tehnologije prepoznavanja lica

Izvor: [Autor], [12]

Na slici 2. prikazan je dijagram utemeljen na koracima koji ističu kako tehnologija prepoznavanja lica funkcionira u stvarnosti.

Koraci kod tehnologije prepoznavanja lica na pametnim telefonima su sljedeći:

1) *Prepoznavanje lica* – kamera detektira i locira sliku lica

2) *Analiza lica* – slika lica se snima i analizira. Ključni čimbenici koji se provjeravaju su udaljenost između očiju, udaljenost od čela do brade, oblik jagodica te konturu usana, ušiju i brade

3) *Pretvorba slike u podatke* – potupak snimanja lica pretvara analogne informacije (lice) u skup digitalnih informacija na temelju crta lica osobe

4) *Pronalaženje podudaranja* – u zadnjem koraku se vrši usporedba našeg lica s bazom podataka drugih zabilježenih lica, [12].

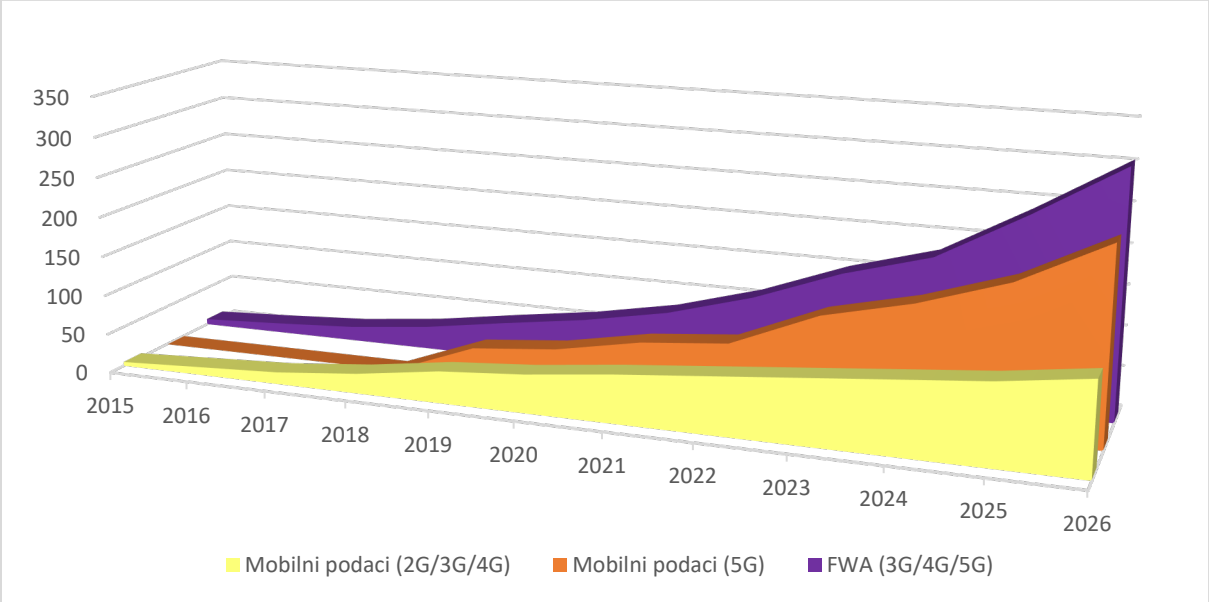
# 3. Trendovi u generiranju podatkovnog prometa

Po pitanju generiranja podatkovnog prometa, razvitkom pametnih telefona i komunikacijskih mreža pojedincu se stvaraju beskonačne mogućnosti koje su brzo prepoznate. Stoga ne čudi da generiranje podatkovnog prometa preko pametnih telefona čini 54,8% ukupnog globalnog web prometa, [13].

## 3.1 Generiranje podatkovnog prometa na globalnoj razini

Danas pametni telefoni generiraju većinu mobilnog podatkovnog prometa, oko 95%. Do 2026. godine može se očekivati da će 5G mreže prenositi do čak 53% ukupnog mobilnog podatkovnog prometa. Istraživanja Ericsson Mobile Report (lipanj, 2021. godine) su pokazala da je do kraja 2020. godine ukupni svjetski mobilni podatkovni promet dosegao 49 Exa Byte-a (1 EB = $2^{60}$ byte) mjesečno. Prema istim istraživanjima vidljivo je da bi iznos ukupnog svjetskog mobilnog podatkovnog prometa trebao narasti i do 5 puta više od zabilježene 2020., s čime bi dosegao oko 237 EB mjesečno do 2026. Prosječno mjesečno generiranje mobilnih podataka po pametnom telefonu trenutno iznosi i do preko 10 GB, a predviđanja u istraživanju spominju da bi do kraja 2026. godine ta brojka mogla narasti do 35 GB, [14]

Grafikon 7: Generiranje mobilnih podataka na globalnoj razini




Izvor: [14]

U grafikonu 7. je prikazan porast generiranja mobilnih podataka promatran kroz godine i moguća predviđanja do 2026. godine. Mjesečno generiranje mobilnih podataka (2G/3G/4G) do kraja 2026. godine mogla bi iznositi do 110 EB. Vrlo je vjerojatno da bi i mjesečno generiranje mobilnih podataka (5G) mogla doseći do 240 EB mjesečno. Također se prema grafikonu može iščitati da bi do kraja 2026. godine mjesečno generiranje FWA (3G/4G/5G) moglo iznositi i preko 300 EB mjesečno, [14].

Porast generiranja podatkovnog prometa može biti vrlo promjenjiv tijekom godina, a može se značajno razlikovati između zemalja, ovisno o dinamici lokalnog tržišta. Ukoliko se takva promatranja razvijaju na globalnoj razini, porast generiranja mobilnog podatkovnog prometa po pametnom telefonu može se opisati kroz tri glavna pokretača;

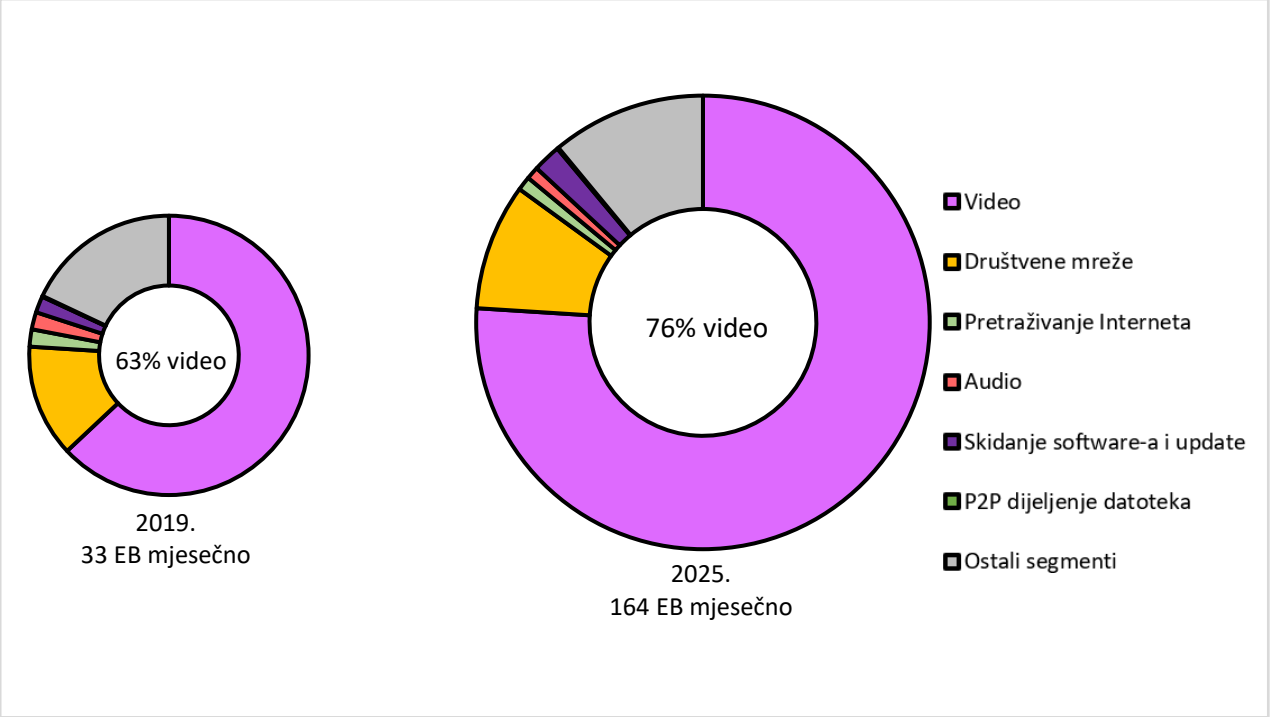
1. poboljšane mogućnosti pametnih telefona,
2. povećanje podatkovno intenzivnog sadržaja, te
3. sve veće generiranje podataka zbog kontinuiranih poboljšanja performansi implementiranih mreža, [14].

## 3.2 Generiranje podatkovnog prometa – Video

Video promet trenutno objedinjuje 66% ukupnog mobilnog podatkovnog prometa, što je udio za koji se predviđa da bi se mogao povećati na čak 77% do 2026. godine.

Porast video prometa preko pametnih telefona uzrokovan je povećanjem ugrađenih video zapisa u mnogim online aplikacijama, zatim porast videa na zahtjev (Video-on-Demand – VoD) te evolucija prema većim rezolucijama zaslona na pametnim telefonima. Također, korisnici koriste sve više streaming platforme preko pametnih telefona za gledanje filmova ili serija. Kako se pametni telefoni i mreže konstantno unaprijeđuju, gledanje video sadržaja u HD (720p), Full HD (1080p) i 4K (3840x2160) postaje sve prepoznatljivije i učestalije. Možemo pretpostaviti da će impresivniji medijski formati i aplikacije biti značajan faktor koji će doprinijeti povećanju generiranja mobilnih podataka, kao što će i 5G mreža omogućiti potrebne performanse za dobro korisničko iskustvo. Recimo, za gledanje e-sportskih događaja u podijeljenom ekranu (Multi-View) podatkovni promet bi trošio oko 7 GB po satu, dok za visoko kvalitetni AR/VR (Augmented Reality/Virtual Reality) prijenos sa medijskom brzinom od 25 Mbit/s bi se trošilo oko 12 GB po satu, [15]

Grafikon 8: Mjesečni mobilni podaci prema kategoriji aplikacije (postotak)




Izvor: [15]

Grafikon 8. prikazuje mjesečno generiranje mobilnih podataka u postocima, prema kategoriji aplikacija za 2019. godinu te izračun za 2025. godinu. Prema [15] postotak generiranja mobilnih podataka na video aplikacije bi trebao narasti na 76 % u 2025. godini, nego u odnosu na 2019. godinu kada je taj postotak iznosio 63 %.

Uzroci koji se smatraju glavnim razlogom za porast video prometa su sljedeći:

1. Video je dio većine internetskog sadržaja, npr. vijesti, društvene mreže, oglasi, itd.
2. Usluge dijeljenja videa kao što su YouTube, TikTok, Twitch, itd.
3. Video streaming usluge, npr. Netflix, HBOGO, Amazon Prime Video, itd.
4. Evolucija mobilnih uređaja u smjeru većeg ekrana sa visokom rezolucijom
5. Poboljšane mrežne performanse kroz evoluiranu 4G implementaciju, [15].

# 4. Razvoj komunikacijskih mreža i povezanih uređaja

Tehnološki napredak i razvoj mobilnih mreža stvorio je nastanak novih uređaja i performansi koje su se pratile generacijama. Razlikujemo pet generacija mobilnih mreža, a to su 1G, 2G, 3G, 4G i 5G. Oznaka G pored svake brojke označava generaciju mobilne mreže o kojoj se radi.

## 4.1 Generacije mobilnih mreža

Prva generacija mobilne mreže je definirana frekvencijskim područjem od 150MHz i 900Mhz (engl. *MegaHertz*). Ta mreža je predstavljala prvi oblik bežične komunikacije i primjenjivala se od 1980. do 1990. godine. Koristila se analogna tehnologija pa je bila loša kvaliteta prilikom prijenosa glasa, [16]. 1G mreža je bila prva mreža koja je omogućila bežični prijenos podataka uz pomoć analognih signala. Maksimalna brzina prijenosa podataka je 2,4 KB/s (engl. *Kilobyte/second*), [17].

Druga generacija mobilne mreže, odnosno 2G je prva mobilna mreža koja je počela s upotrebom digitalnih signala. GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*) je prvi puta pokrenut i primijenjen u Finskoj 1991. godine, [17]. Pomoću GSM-a brzina prijenosa podataka postigla je brzine do 64 kbit/s, a baš ta brzina je potrebna za razmjenu SMS (engl. *Short Message Service*) poruka i elektronske pošte. U potrebi za većim brzinama prijenosa, započeta je upotreba GPRS-a (engl. *General Packet Radio Service*). Brzine prijenosa pomoću GPRS-a su dostizale iznos od 171 kbit/s. Mobilne mreže koje koriste GPRS se nazivaju 2,5G. Nakon GPRS, počela je primjena EDGE-a (engl. *Enhanced Data GSM Evolution*) pa su mobilne mreže postizale brzine prijenosa do 473,6 kbit/s. Takve mreže su poznatije pod nazivom 2,75G, [18]. Prednosti 2G mreže uključuju pristup internetu, kriptiranje poziva, uređaji s ugrađenom kamerom te roaming, [16].

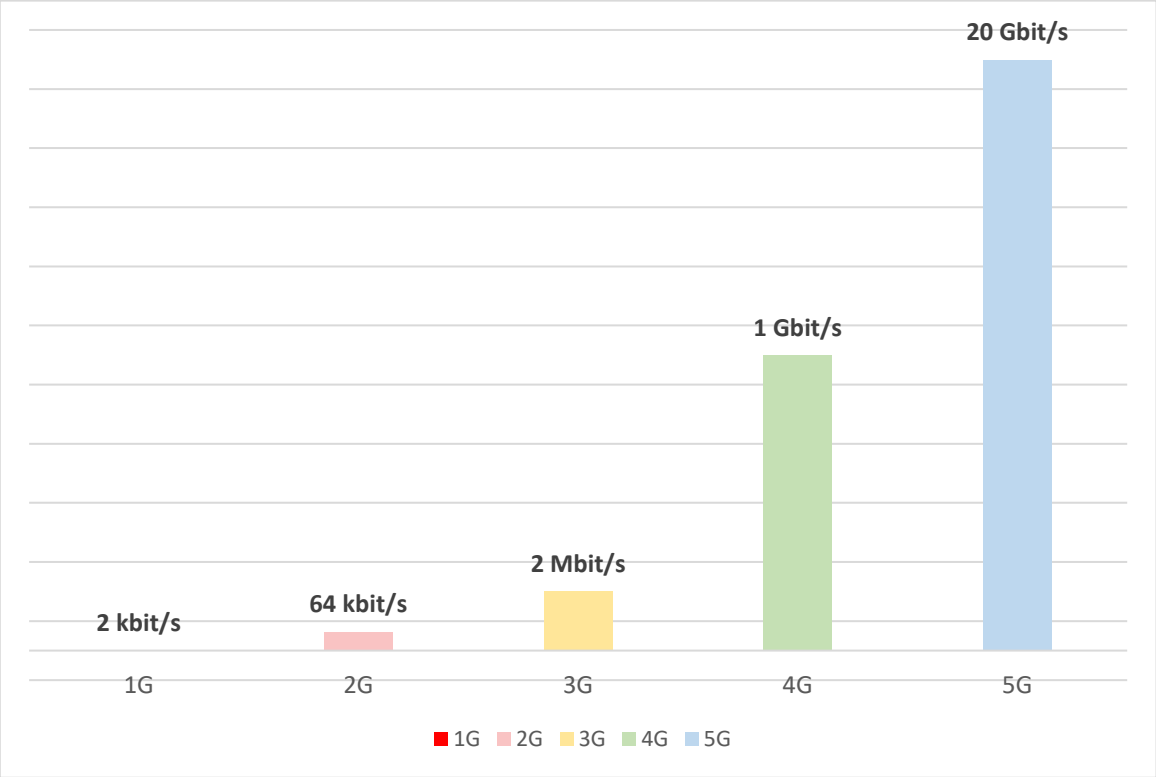
3G mreža, odnosno mreža treće generacije je pokrenuta 2000. godine. 3G mreža je doprinijela značajnom povećanju brzine prijenosa podataka te je dostizala brzine od 144 kbit/s do 2Mb/s (engl. *Megabit/second*), [16]. Uvođenjem UMTS-a (engl. *Universal Mobile*

*Telecommunication System*) je zapravo započela treća generacija koja je dovela do toga da je po prvi puta bilo moguće ostvariti videopoziv na mobilnom uređaju. Uvedene su dvije nove tehnologije kako bi se povećale brzine prijenosa unutar 3G mreže, a to su bile HSDPA (engl. *High Speed Downlink Packet Access*) i HSUPA (engl. *High Speed Uplink Packet Access*). Glavne značajke 3G mreže su veće brzine prijenosa u odnosu na 2G, veća pokrivenost signalom, praćenje lokacije, unaprijeđena sigurnost te mogućnost videopoziva, [18].

2010. godine je započela upotreba četvrte generacije, odnosno 4G mreža. S njome su omogućene brzine prijenosa podataka od 100 Mbit/s do 1 Gbit/s (enlg. *Gigabits per second*) i IP (engl. *Internet Protocol*) telefonija, [17]. 4G je razvijen od strane IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) s ciljem postizanja većih brzina prijenosa podataka te naprednije multimedijske usluge. Prednosti četvrte generacije očituju se u povećanju sigurnosti i mobilnosti te igranju video igrica i emitiranju video zapisa u HD-u. Jedan od nedostataka 4G generacije predstavljaju visoke cijene infrastrukture, [18].

5G predstavlja bežičnu mrežu pete generacije koja može upravljati velikim brzinama prijenosa. 5G mreže bi trebale omogućiti do 20 puta veće brzine od onih na 4G mrežama. 5G mreže su dizajnirane za pametan svijet kao što su pametni gradovi, pametan prijevoz, pametno zdravstvo, a najvažnije od svega ideja 5G mreže je IoT. Kako postoje sve veći zahtjevi mreža, mreža bi trebala biti učinkovitija i isplativija. Uvođenjem 5G mreže ostvaruju se pogodnosti koje vode do bolje mobilnosti, pokrivenosti signalom, veće pouzdanosti i sigurnosti te veće energetske učinkovitosti, [19].

Grafikon 9: Usporedba brzina prijenosa podataka prema generaciji mreže

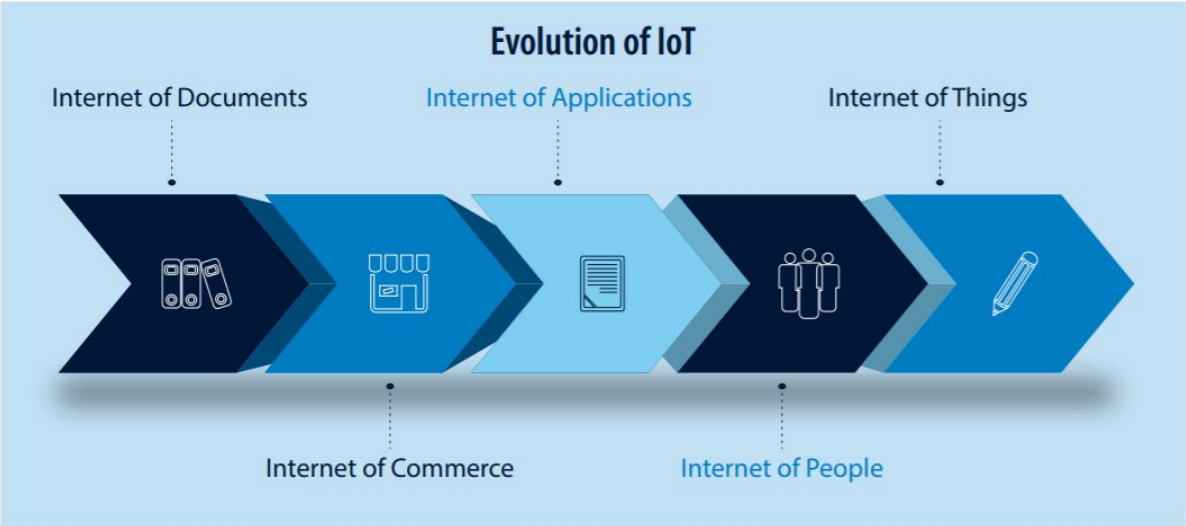



Izvor: [20]

Grafikon 9 vizualno prikazuje razlike u brzinama prijenosa podataka za svaku generaciju mobilne mreže. Prva generacija mobilnih mreža, odnosno 1G omogućila je prijenos podataka maksimalnom brzinom od 2,4 kbit/s. Kod druge generacije, odnosno 2G brzine prijenosa pokazivale su do 64 kbit/s. Treća generacija, odnosno 3G, koja je pokrenuta 2000. godine imala je brzine do 2 Mbit/s. Četvrta generacija, 4G pružila je brzine prijenosa podataka od 100 Mbit/s do 1 Gbit/s. Peta generacija, odnosno 5G mreža koja postaje sve zastupljenija, trebala bi omogućiti brzine prijenosa podataka i do 35 puta više nego 4G mreže, odnosno do 20 Gbit/s, [20].

## 4.2 Budućnost povezanih uređaja

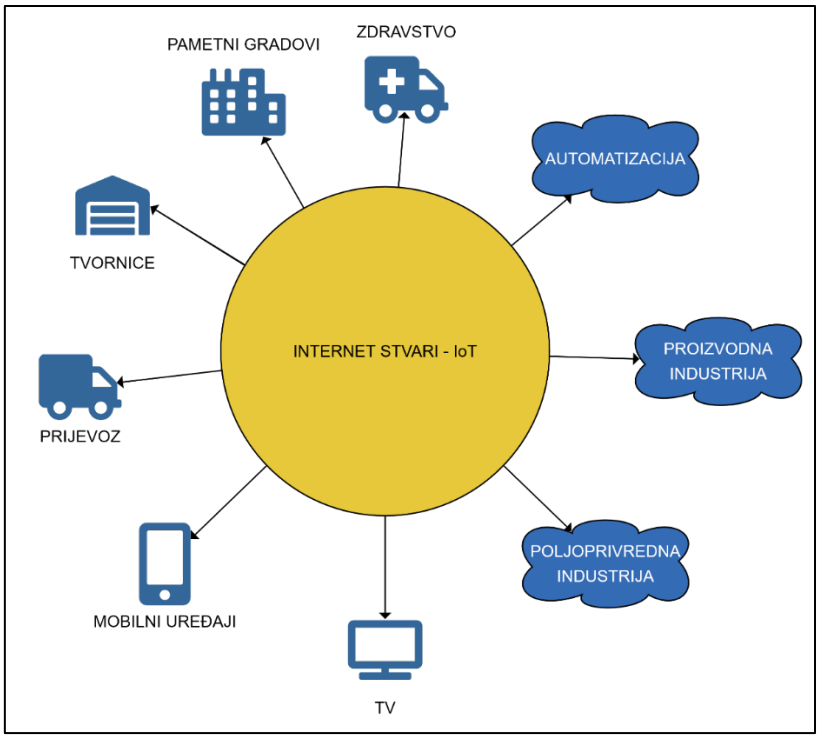
Kroz jedno cijelo desetljeće mobilne komunikacije zadržavaju vodeću ulogu u informacijsko-komunikacijskim tehnologijama (engl. *Information and Communication Technologies - ICT*). 5G je postao dostupan, no međutim, važno je istaknuti da je to tehnologija koja je i dalje u razvoju. 5G ne služi samo kao dodatno poboljšanje brzine prijenosa podataka s mobilnog pristupa. Njegova svrha leži u tome da osigura i podrži mnoge zahtjeve poput infrastrukture za multimediju i IoT, ali i govorne komunikacije.




**Slika 3.** Evolucija Internet of Things (IoT)

Izvor: [21]

Usluge koje su bile usmjerene na ljudsku komunikaciju, preusmjerile su se na usluge usmjerene na stroj. Prva evolucija započela je komunikacijom čovjek-sa-čovjekom (engl. *Human-to-Human, H2H*), zatim komunikacija čovjek-sa-strojem (engl. *Human-to-Machine, H2M*) i na kraju je ostvarena komunikacija stroj-sa-strojem (engl. *Machine-to-Machine, M2M*). M2M komunikacija bi trebala uključivati mnogo različitih vrsta prometa, poput stabilnog, ali širokopojasnog streaminga te uskopojasnog prometa. Također, raspolagala bi širim aplikacijama, poput senzorskog upravljanja i daljinskog upravljanja strojem, [22]. Na temelju M2M komunikacija, IoT se razvija u mnogim područjima. Neki od primjera područja gdje će IoT biti od velike koristi su prikazani u slici broj 4.




**Slika 4:** Primjene IoT-a

Izvor: [Autor], [23]

Slika 4. prikazuje samo neka od područja koja će imati velike koristi od IoT-a. Neke od tih područja jesu:

1. *Autonomna vožnja* - cilj automobilske industrije je koncept povezivanja vozila sa svime (engl. *Vehicle-to-Everything, V2X*). Upotrebljavali bi univerzalne protokole za komunikaciju, naprednu obradu u stvarnom vremenu i veliku brzinu generiranja podataka s usredotočenim fokusom na zaštitu integriteta i privatnost podataka,

2. *Bežično otkrivanje i praćenje lokacije* - korisni za praćenje otpremnih kontejnera, paketa, voznih parkova, dronova za isporuku ili bilo koji drugi oblik imovine. Sve to trebalo bi se moći obaviti u stvarnom vremenu kako bi se zaprimili podatci o učinkovitosti, ali i pravovremeno spriječile krađe, krivotvorine i ostali sigurnosni rizici,

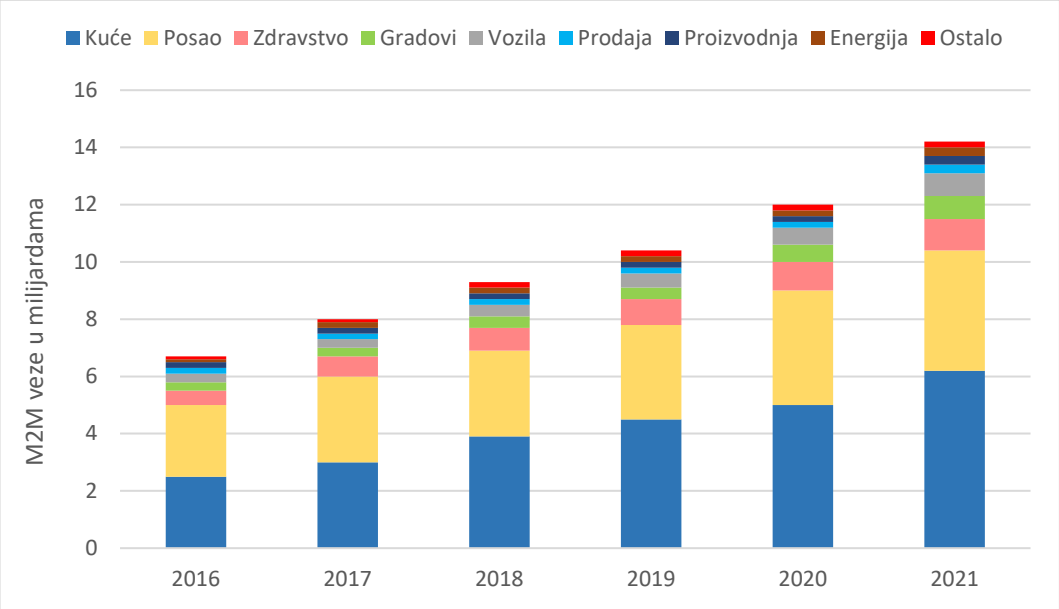
3. *Umrežena stvarnost* - pomoću proširenja koncepta proširene, virtualne ili produžene stvarnosti (engl. *Augmented Reality, AR / Virtual Reality, VR / Extended Reality, XR*),

povezani uređaji omogućuju stvari poput simulacija obuke za nove zaposlenike, daljinsko održavanje strojeva od strane vanjskog tehničara i slično,

4. *Nadzor i kontrola kritične infrastrukture* - daju širu primjenu pametnih nadzornih uređaja na kritičnoj infrastrukturi kao što su ceste, željeznice, dalekovodi, pametne mreže i sl. Pametni sustavi koji otkrivaju nepravilnosti poput pogrešaka, prijetnji ili kibernetičkih napada, moći će uočiti ranjivosti te odmah pokrenuti korektivne mjere na predvidljiv i proaktivan način,

5. *Pametne tvornice* - kako bi se osigurao siguran rad u stvarnom vremenu, manje, pametnije i bežične uređaje će se moći razmjestiti u velikim razmjerima po tvornicama i opskrbnim lancima. Prediktivne metode i dizajn utemeljeni na modelu moći će osigurati identifikaciju u stvarnom vremenu te praćenje svih procesa ili sigurnosnih slabosti, [23].

Grafikon 10: Prikaz porasta IoT-a u periodu od 6 godina




Izvor: [24]

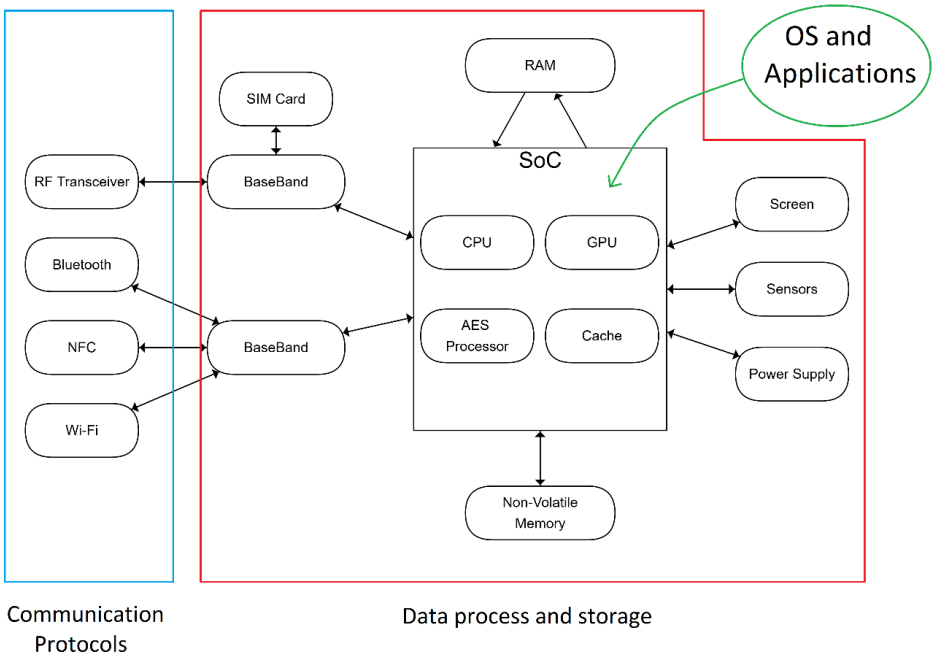
Prema projektima i istraživanjima od strane tvrtke Cisco, predviđa se da bi do kraja 2021. godine 46% ukupnih M2M veza trebalo pripasti povezanim kućama (engl. *Connected Home*). Najbrži rast vidljivo zauzima povezano zdravstvo (engl. *Connected Health*) sa 30% prosječne godišnje stope rasta (engl. *Compound Annual Growth Rate – CAGR*), a odmah ispod sa 29% CAGR su povezani automobili (engl. *Connected Car*) i povezani gradovi (engl. *Connected Cities*), [24].

# 5. Arhitektura pametnih telefona 4G i 5G

Arhitektura pametnih telefona predstavlja osnovu njihovog rada i samim time je najvažniji dio sustava. Arhitektura sustava na čipu (engl. *System on Chip, SoC*) je sustav koji je implementiran pomoću tehnologije integriranih krugova (engl. *Integrated Circuit – IC*). Prema samome nazivu tehnologije, može se zaključiti da se radi o računalnim komponentama ili manjim elektroničkim sustavima koji su integrirani na istoj podlozi. Ovisno o primjenama, SoC se može sastojati od digitalnih, analognih, mješovitih i radio-frekvencijskih funkcija. Jedna od glavnih karakteristika je vrlo mala potrošnja energije.

Svi današnji moderni pametni telefoni koriste SoC sustave, uključujući 3 primarne komponente:

1) Aplikacijski procesor koji izvršava korisnički aplikacijski softver s uputama iz međuopreme i operativnog sustava (OS),
2) Baseband (ili modem) procesor sa vlastitim OS komponentama koji obavlja radijski prijenos u osnovnom pojasu i prijem zvuka, videa i podataka,
3) Razni periferni uređaji za korisničko sučelje, [25].




**Slika 5:** Pojednostavljena arhitektura pametnih telefona

Izvor: [Autor], [25]

U idućim točkama biti će objašnjeni neki od najvažnijih dijelova arhitekture pametnih telefona, poput procesora, ekrana, kamera i sl. Većina komponenti obrađena u radu je bazirana na uređaju Samsung Galaxy S21 Ultra 5G, a specifikacije su prikazane u tablici 2.

**Tablica 2.** Specifikacije Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaja

| **Samsung Galaxy S21 Ultra 5G** | | |
|---|---|---|
| MREŽA | Tehnologije: | GSM / CDMA / HSPA / EVDO / LTE / 5G |
| KUČIŠTE UREĐAJA | Dimenzije: | 165.1 x 75.6 x 8.9 mm (6.5 x 2.98 x 0.35 in) |
| EKRAN | Vrsta: | Dynamic AMOLED 2X, 120Hz, HDR10+, 1500 nits (peak) |
| | Dimenzija: | 6.8 inches, 112.1 cm2 (~89.8% screen-to-body ratio) |
| | Rezolucija: | 1440 x 3200 pixels, 20:9 ratio (~515 ppi density) |
| PLATFORMA | OS: | Android 11, One UI 3.1 |
| | Procesor: | Exynos 2100 (5 nm) – International<br>Qualcomm SM8350 Snapdragon 888 5G (5 nm) - USA/China |
| | CPU: | Octa-core (1x2.9 GHz Cortex-X1 & 3x2.80 GHz Cortex-A78 & 4x2.2 GHz Cortex-A55) - International<br>Octa-core (1x2.84 GHz Kryo 680 & 3x2.42 GHz Kryo 680 & 4x1.80 GHz Kryo 680) - USA/China |
| | GPU: | Mali-G78 MP14 - International<br>Adreno 660 - USA/China |
| KOMUNIKACIJSKE VEZE | WLAN: | Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac/6e, dual-band, Wi-Fi Direct |
| | Bluetooth: | 5.2, A2DP, LE |
| | GPS: | DA, uz pomoć A-GPS, GLONASS, BDS, GALILEO |
| | NFC: | DA |
| | Radio: | FM radio (Samo na Snapdragon modelima) |
| | USB: | USB Type-C 3.2, USB On-The-Go |
| BATERIJA | Vrsta: | Li-Ion 5000 mAh (*koja se ne može izvaditi*) |
| | Punjenje: | Fast charging 25W<br>USB Power Delivery 3.0 |

Izvor: [26]

## 5.1 Procesori

### 5.1.1 Samsung Exynos 2100 5G

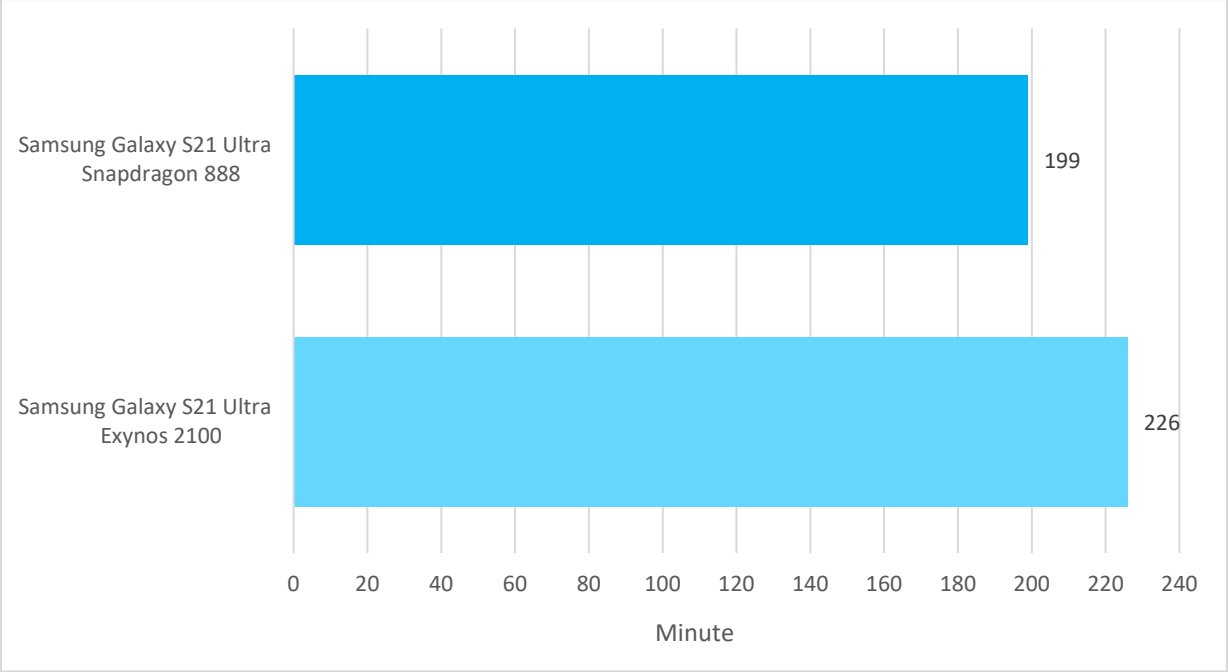
Samsung Exynos 2100 5G je vrhunski SoC (engl. *System-on-Chip*) s 8 jezgri u tri grupe. U prvoj grupi se nalazi jedan Exynos X1 od 2,9 GHz, u drugoj grupi se nalaze tri Cortex-A78 od 2,8 GHz te u zadnjoj, trećoj grupi, imamo četiri A55 od 2,2 GHz. Ima integriranu ARM Mali-G78MP14 grafičku karticu koja je 40% brža u odnosu na Mali-G77MP11. Exynos 2100 5G u sebi integrira 5G modem sa do 7,35 Gbit/s. Također, važno je istaknuti da procesor podržava pojedinačne kamere do 200 MP ili dvostruke kamere sa po 32 MP. Može se reći da bi Exynos 2100 trebao biti drugi najbrži SoC za Android uređaje, jer se tek neznatno nalazi iza Snapdragona 888 po performansama procesora. Prema svemu navedenom, sve zahtjevne aplikacije bi se trebale lako pokretati na Exynos 2100, [27].

### 5.1.2 Snapdragon 888

Snapdragon 888 5G je vrhunski SoC za pametne telefone koji je predstavljen krajem 2020. godine. Integrira jedan "Prime Core" koji se temelji na ARM Cortex-X1 arhitekturi do 2,84 GHz. Još tri jezgre performansi temelje se na A78, ali do 2,42 GHz. Nadalje, integrirane su četiri jezgre za uštedu energije koje se temelje na ARM Cortex-A55 arhitekturi do 1,8 GHz. 5G je sada uključen u čip sa Snapdragon X60 modemom. Performanse procesorskih jezgri trebaju biti oko 15% bolje od starog Snapdragona 865+, [27].

Iako Snapdragon 888 5G omogućuje mnogo novih funkcionalnosti, biti će prikazana samo jedna koja se tiče igranje videoigara (engl. *Gaming*) na pametnim telefonima. Primjerice za igrače, postoji nova značajka „Qualcomm Game Quick Touch" koja je dizajnirana tako da smanji kašnjenje odziva na dodir. Na primjer, kada se neka igra pokreče sa 60 slika u sekundi (engl. *Frames per second, fps*) taj odziv na dodir se smanjuje do 20%, dok kod 120 fps-a, odziv na dodir se smanji do 10%, [28].

Grafikon 11: Snapdragon 888 vs Exynos 2100 – test izdržljivosti baterije




Izvor: [29]

U grafikonu 11 su prikazani rezultati testa izdržljivosti baterije ovisno o vrsti procesora. U testu su bila uključena dva ista uređaja – Samsung Galaxy S21 Ultra, ali je svaki imao zaseban procesor. Tako je na jednom uređaju bio Snapdragon 888, a na drugome Exynos 2100. Prema istraživanju i testovima napravljenih od strane „Android Authority“, Exynos 2100 se u ovom slučaju pokazao kao bolji procesor. Posebice kada je u pitanju izdržljivost baterije na pametnom telefonu, kao što je u ovom slučaju Samsung Galaxy S21 Ultra. Navedeni pametni telefon sa procesorom Snapdragon 888, testiran pod najtežim uvjetima, izdržao je 199 minuta. Bolje sveukupne performanse kod Snapdragon 888 rezultiraju kraćim trajanjem baterije. Pametni telefon sa procesorom Exynos 2100 je izdržao 27 minuta više od Snapdragon 888, ukupno 226 minute.

## 5.2 Zasloni

Prilikom odabira pametnog telefona, jedan od najvažnijih faktora, odnosno dijelova uređaja, za krajnjeg korisnika predstavlja zaslon. Pametne telefone odlikuju dodirni zasloni (engl. *Touchscreen*), dok sama tehnologija iza svakog dodirnog zaslona varira od proizvođača do proizvođača. Dvije najpoznatije vrste zaslona na tržištu predstavljaju dinamički AMOLED 2x zasloni te OLED zasloni.

### 5.2.1 OLED zaslon

OLED (eng. *Organic Light Emitting Diodes*) je tehnologija koja emitira svjetlost ravno, a napravljena je postavljanjem niza organskih tankih filmova između dva vodiča. OLED tehnologija omogućuje nevjerojatno velik omjer kontrasta i visoku razlučivost. Budući da nema pozadinskog osvjetljenja, OLED svjetlost emitira iz svakog piksela, što omogućuje da zaslon bude tanji. Na zaslonu Super Retina i Super Retina XDR riješeni su problemi klasičnih OLED zaslona zahvaljujući jakoj svjetlini, podršci za širok spektar boja te najvećoj preciznosti boja na tržištu. Ako OLED zaslon pogledamo pod kutom, možemo primjetiti blage pomake boja i nijansi. Pri smanjenoj razini svjetline zaslona u slučaju crnih pozadina tijekom pomicanja na zaslonu mogli bismo primijetiti blago zamućenje ili promjenu boje. To je karakteristično i normalno za OLED zaslone. Kod OLED zaslona, tijekom dugotrajne upotrebe mogu se pojaviti i manje promjene izgleda, [30].

### 5.2.2 Dinamički AMOLED 2X zaslon

Dinamički AMOLED 2X zaslon predstavlja novu generaciju AMOLED zaslona koji je doživio niz velikih i važnih poboljšanja. Najvažnije područje poboljšanja su boja, veliki dinamički raspon (engl. *High Dynamic Range, HDR*) i svjetlina. Naime, dinamčki AMOLED 2x može najbolje prikazati crnu boju te ima najbolju točnost boja u smislu standardnog RGB (engl. *Standard RGB, sRGB*) i DCI-P3 raspona boja, te tako pojedincu daje sliku točno onako kako su to proizvođači zamislili. Nadalje, zaslon ima certifikat TUV Rheinland za udobnost očiju jer

može drastično smanjiti negativne učinke plavog svjetla. Što se tiče HDR-a, ima HDR10+ certifikat koji optimizira iskustvo gledanja multimedijskog sadržaja uz kino boju i kontrast. U usporedbi s Dolby Visionom, HDR10+ sadržaj je šire dostupan, što znači da korisnik može uživati u većem spektru sadržaja, [31].

Primjerice, novi modeli pametnih telefona tvrtke Samsung kao što su Galaxy Z Fold 3 i Galaxy Z Flip 3 imaju sklopive Amoled zaslone. Primjerice, Galaxy Z Fold 3 modeli imaju dva zaslona. Glavni zaslon od 7,6 inča, rezolucije 1768x2208 i 120 Hz je sklopivi Dynamic AMOLED 2X zaslon, dok je drugi zaslon od 6,2 inča, rezolucije 832x2268 i 120 Hz vanjski AMOLED zaslon. Galaxy Z Flip 3 model ima jedan sklopivi Dynamic AMOLED zaslon od 6,7 inch-a, rezolucije 1080x2640 i 120 Hz, a na kučištu samog mobitela ima jedan vanjski Super AMOLED zaslon od 1,9 inča, rezolucije 260x512, [32].

## 5.3 Kamere

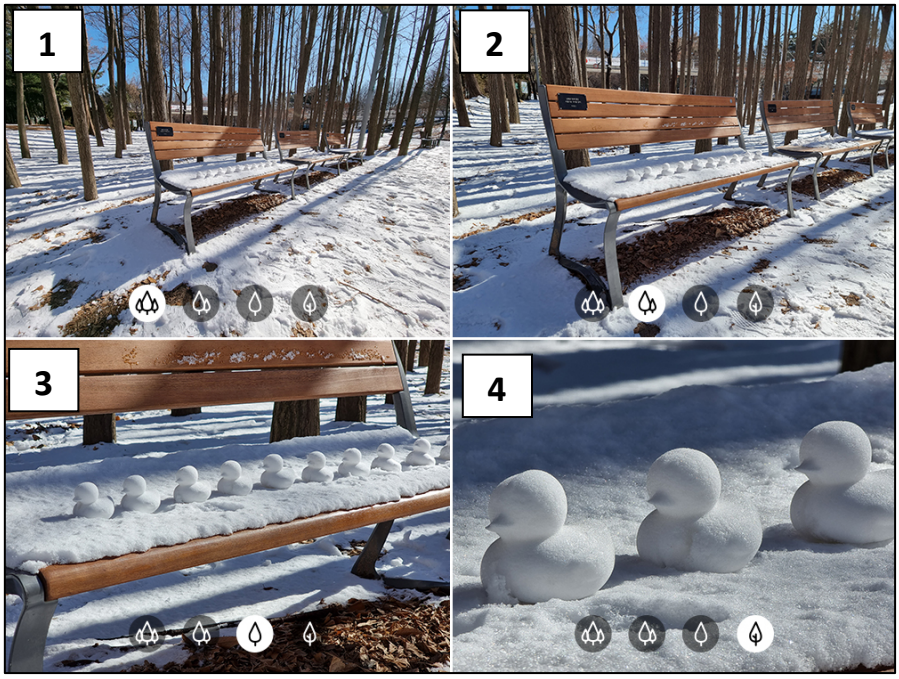
Uz dobro uhodan trend velikih ekrana na pametnim telefonima potrebno je naglasiti i veliki broj kamera kod današnjih pametnih telefona. Konkretno, na uređaju Samsung Galaxy S21 Ultra 5G postoje 4 glavne kamere na stražnoj strani uređaja te jedna „selfie“ kamera na prednjoj strani uređaja. Galaxy S21 Ultra donosi velika poboljšanja u odnosu na svog prethodnika, S20 Ultra. Zamijenjen je daljinski tele-objektiv ekvivalenta 103 mm periskopa sa dual-tele postavkom. Objektiv od 72 mm brine se za telesnimke srednjeg dometa, dok objektiv od 240 mm omogućuje iznimno dugo daljinsko zumiranje. Primarne i ultraširoke kamere djeluju slično kao na Galaxy S20 Ultra modelu, ali dolaze sa suptilnijim poboljšanjima.




**Slika 6.** Specifikacije kamera Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaja

Izvor: [33]

Slika 7. prikazuje razlike između stražnjih kamera na Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaju. Slike su snimljene na istome mjestu, uz promjenu izbora kuteva kamera. Prvi dio slike (1) prikazuje kut snimljen iznimno širokokutnom kamerom od 12 megapiksela (engl. megapixels, MP). Drugi dio (2) je snimljen širokokutnom kamerom od 108 MP. Treći (3) i četvrti (4) dio slike su snimljeni telefoto kamerama od 10 MP.




**Slika 7.** Prikaz različitih kuteva stražnjih kamera Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaja

Izvor: [34]

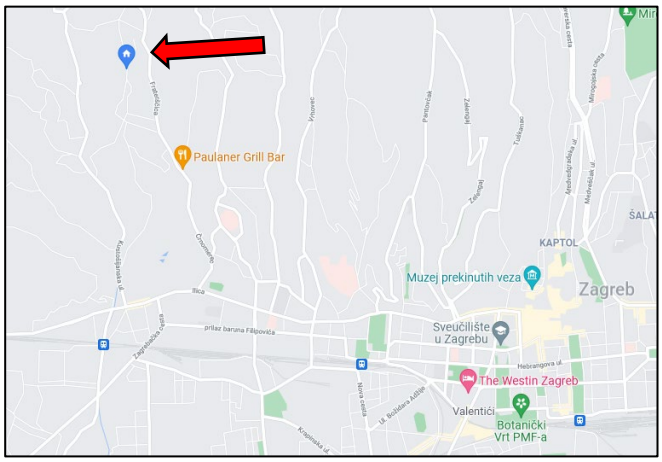
# 6. Generiranje prometa pametnih telefona 4G i 5G

Za potrebe analiziranja generiranog prometa korišten je uređaj Samsung Galaxy A32 5G. Uređaj ima zaslon od 90 Hz, veličine 6,5 inča sa HD+ rezolucijom od 720x1600 piksela. Uređaji Samsung Galaxy A serije imaju baterije velikog kapaciteta sa inteligentnim upravljanjem napajanja. Konkretno, kod Galaxy A32 5G uređaja, kapacitet baterije je 5000 mAh te ima mogućnog 15 W brzog punjenja. Sustav kamera se sastoji od 4 stražnje kamere (48 MP + 8 MP + 5 MP + 2 MP) i jedne prednje kamere od 13 MP. A32 5G uređaj ima 64 GB prostora za pohranu sa 4 GB RAM-a te mogućnosti za proširenjem pohrane putem utora za microSD karticu. Prostor za pohranu se može proširiti do 1TB (engl. Terabyte, TB) više pomoću vanjske memorije. Uređaj također sadrži osnovne mogućnost povezivanja, poput, Wi-Fi 5 (802.11 a/b/g/n/ac), Bluetooth 5.0 i NFC, kao i podršku za 4G LTE, [35]. Najvažnija stavka potrebna za analizu je da uređaj podržava 5G mrežu. Samsung Galaxy A32 5G se pokazao kao jedan od najjeftinijih uređaja na tržištu koji podržava 5G mrežu.

Osim samog uređaja potrebnog za analizu generiranog prometa, potrebna je aplikacija koja će mjeriti vrijednosti podatkovnog prometa. Za potrebe ovog rada korištena je aplikacija *Data Counter Widget: Data Usage Manager / Monitor*. Istraživanje se izvodilo na način da se mjerilo potrebno vrijeme preuzimanja videozapisa na svakoj mreži posebno. Mreže koje su uzete u obzir za analizu generiranog prometa su H+, 4G+, 5G i Wi-Fi. Videozapis koji je pronađen na YouTube-u skinut je na uređaj pomoću Youtube Video Downloader-a. Karakteristike videozapisa su sljedeće: ukupno trajanje iznosi 2:13:02 h, rezolucija 720p i veličina od 2.1 GB. Prije svakog mjerenja generiranog prometa, obavljen je test internet brzine (engl. *Speedtest*) na svakoj lokaciji i određenoj mreži.

## 6.1 Mjerenje generiranog prometa na Wi-Fi mreži

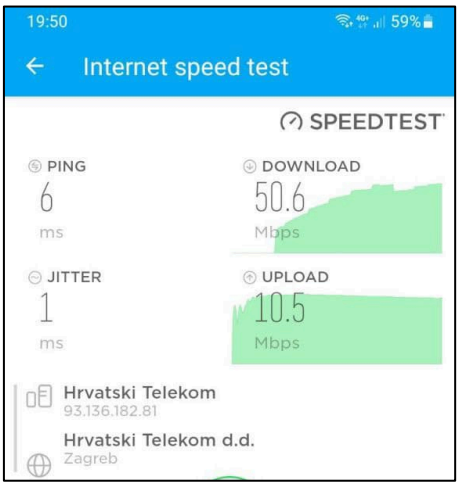
Na slici 8 je prikazana lokacija na kojoj je izvršeno mjerenje generiranog prometa na Wi-Fi mreži, korištenjem Samsung Galaxy A32 5G uređaja. Mjerenje je izvršeno u kućnom okruženju, na kućnom Wi-Fi router-u.




**Slika 8.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na Wi-Fi mreži

Izvor: [Autor]

Slika 9 prikazuje Speedtest obavljen na lokaciji koja je prikazana na slici 8 prije početka analiziranja vremena potrebnog za preuzimaje videozapisa na uređaj preko Wi-Fi mreže. Pri završetku Speedtest-a, uslijedio je početak samog testa. Test je započeo u 19:51 h, a završio je u 19:58h. Ukupno vrijeme trajanja preuzimanja videozapisa na uređaj na Wi-Fi mreži iznosilo je 7 minuta i 9 sekundi.

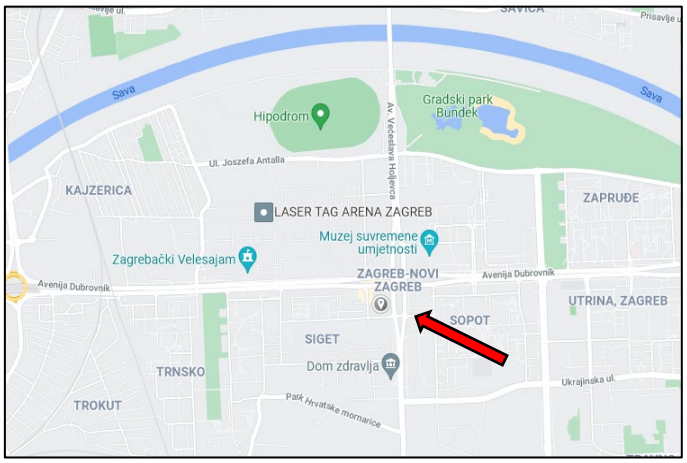



**Slika 9.** Speedtest na Wi-Fi mreži

Izvor: [Autor]

## 6.2 Mjerenje generiranog prometa na H+ MREŽI

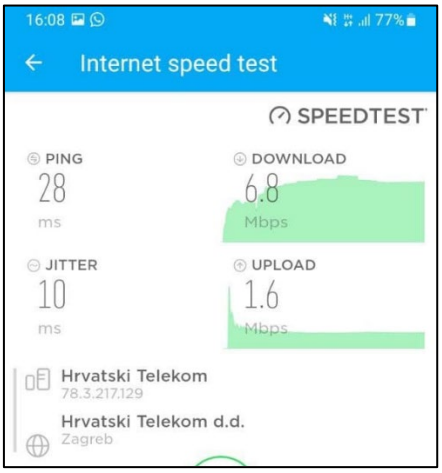
Na slici 10 je prikazana lokacija na kojoj je izvršeno mjerenje generiranog prometa na H+ mreži, korištenjem Samsung Galaxy A32 5G uređaja.




**Slika 10.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na H+ mreži

Izvor: [Autor]

Slika 11 prikazuje Speedtest obavljen na lokaciji koja je prikazana na slici 10 prije početka analiziranja vremena potrebnog za preuzimanje videozapisa na uređaj preko H+ mreže. Pri završetku Speedtest-a, uslijedio je početak samog testa. Test je započeo u 16:08 h, a završio je u 16:50h. Ukupno vrijeme trajanja preuzimanja videozapisa na uređaj na H+ mreži iznosilo je 42 minute i 30.87 sekunde.

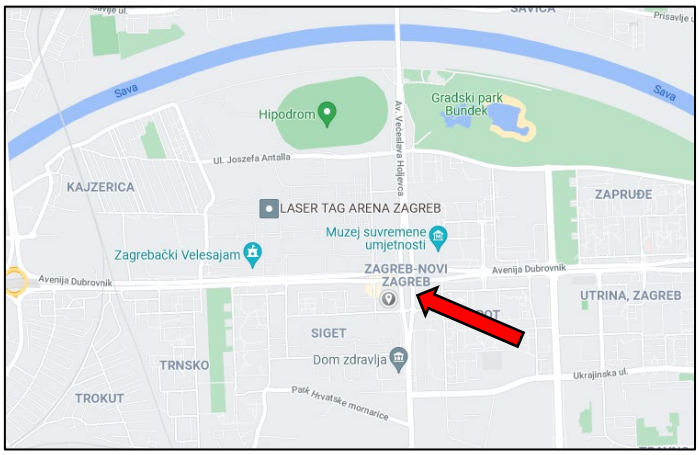



**Slika 11.** Speedtest na H+ mreži

Izvor: [Autor]

## 6.3 Mjerenje generiranog prometa na 4G+ MREŽI

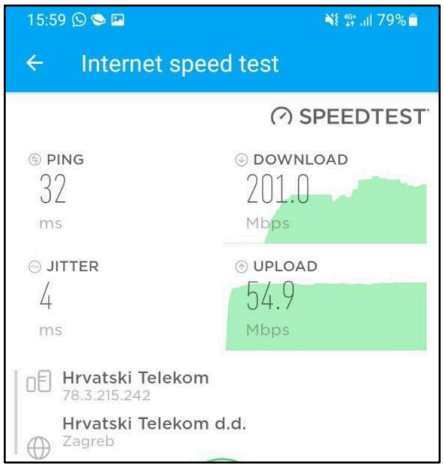
Na slici 12 je prikazana lokacija na kojoj je izvršeno mjerenje generiranog prometa na 4G+ mreži, korištenjem Samsung Galaxy A32 5G uređaja.




**Slika 12.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na 4G+ mreži

Izvor: [Autor]

Slika 13 prikazuje Speedtest obavljen na lokaciji koja je prikazana na slici 12 prije početka analiziranja vremena potrebnog za preuzimanje videozapisa na uređaj preko 4G+ mreže. Pri završetku Speedtest-a, uslijedio je početak samog testa. Test je započeo u 15:59 h, a završio je u 16:01h. Ukupno vrijeme trajanja preuzimanja videozapisa na uređaj na 4G+ mreži iznosilo je 2 minute i 23.04 sekunde.

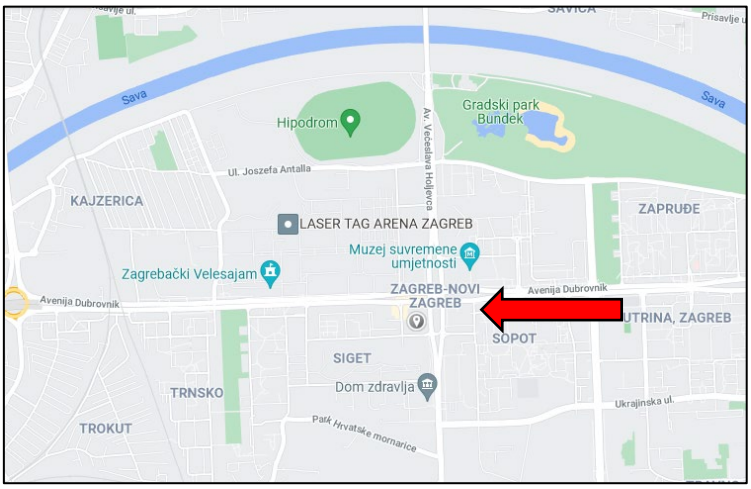



**Slika 13.** Speedtest na 4G+ mreži

Izvor: [Autor]

## 6.4 Mjerenje generiranog prometa na 5G MREŽI

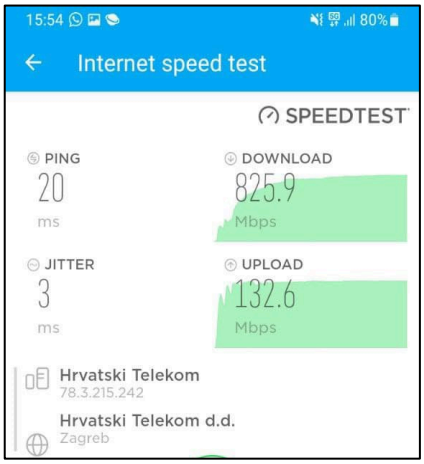
Na slici 14 je prikazana lokacija na kojoj je izvršeno mjerenje generiranog prometa na 5G mreži, korištenjem Samsung Galaxy A32 5G uređaja.




**Slika 14.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na 5G mreži

Izvor: [Autor]

Slika 15 prikazuje Speedtest obavljen na lokaciji koja je prikazana na slici 14 prije početka analiziranja vremena potrebnog za preuzimanje videozapisa na uređaj preko 5G mreže. Pri završetku Speedtest-a, uslijedio je početak samog testa. Test je započeo u 15:57 h, a završio je u 15:58h. Ukupno vrijeme trajanja preuzimanja videozapisa na uređaj na 5G mreži iznosilo je 1 minutu i 43.82 sekunde.




**Slika 15.** Speedtest na 5G mreži

Izvor: [Autor]

## 6.5 Rezultati mjerenja

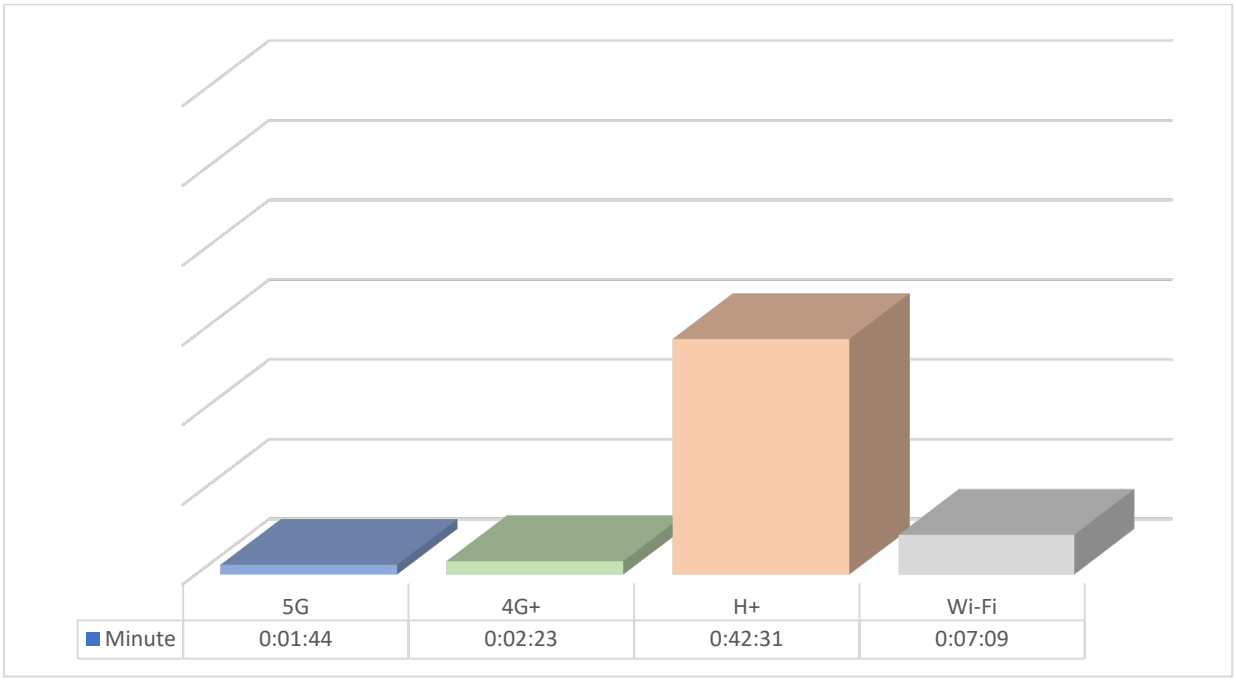
Sva testiranja su obavljena na isti dan, četvrtak 02.09. u gradu Zagrebu. Mjerenja su obavljena na dvije različite lokacije. Mjerenja sa mobilnim podacima su izmjerena u Novom Zagrebu, kod shopping centra Avenue Mall, dok su mjerenja na Wi-Fi mreži odrađena na kućnoj adresi. Rezultati mjerenja potrebnog vremena preuzimanja videozapisa na uređaj, ovisno o mreži, prikazani su u tablici 3.

**Tablica 3.** Rezultati mjerenja prilikom preuzimanja videozapisa

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trajanje videozapisa | 2:13:02 | | | |
| Rezolucija videozapisa | 720p | | | |
| Veličina videozapisa | 2.1 GB | | | |
| **REZULTATI MJERENJA** | | | | |
| Vrsta mreže | **5G** | **4G+** | **H+** | **Wi-Fi** |
| Datum mjerenja | 02.09.2021. | 02.09.2021. | 02.09.2021. | 02.09.2021. |
| Izmjerena brzina preuzimanja (Mbit/s) | 825.9 | 201.0 | 6.8 | 50.6 |
| Početak mjerenja | 15:57h | 15:59h | 16:08h | 19:51h |
| Vrijeme preuzimanja videozapisa (min) | 1:43.82 | 2:23.04 | 42:30.87 | 07:09 |

Izvor: [Autor]

Grafikon 12: Usporedba vremena preuzimanja videozapisa po mrežama




Izvor: [Autor]

Grafikon 12. prikazuje odnos razlike u vremenu potrebnom za preuzimanje videozapisa na uređaj zavisno o odabranoj mreži. Iz grafikona se može iščitati da je na 5G mreži bilo potrebno najmanje vremena za preuzimanje videozapisa od 2.1 GB. Ukupno trajanje preuzimanja videozapisa na 5G mreži iznosilo je 1 minutu i 43.82 sekunde. Taj iznos je bio čak 24.57 puta manji nego na H+ mreži, gdje je za preuzimanje istog videozapisa od 2.1 GB bilo potrebno 42 minute i 30.87 sekunde. 5G pokazuje prednosti svojih velikih brzina, no treba napomenuti kako te brzine nisu konstantne u gradu Zagrebu.

Prema izmjerenim vrijednostima iz tablice 3. možemo izračunati potrebno vrijeme preuzimanja datoteke veličine 100 GB. Potrebna vremena za preuzimanje datoteke od 100 GB su prikazani u tablici 4.

**Tablica 4.** Izračunata vremena potrebna za preuzimanje datoteke od 100 GB

| **GB** | **MB** | **Mb** |
|---|---|---|
| 100 | 102400 | 819200 |

| **5G** | **4G+** | H+ | **Wi-Fi** |
|---|---|---|---|
| 0h 16min | 1h 7min 9sek | 33h 30min | 4h 30min |

Izvor: [Autor]

Kako bi se došlo do vrijednosti prikazanih u tablici 4. potrebno je bilo 100 GB pretvoriti u Mb. Kada smo izračunali koliko je 100 GB u Mb, sljedeće je bilo potrebno vrijednost u Mb podijeliti sa izmjerenim brzinama preuzimanja (Mbit/s) svake mreže, iz tablice 3. Na taj način smo dobili koliko je sekunda potrebno za preuzimanje datoteke od 100 GB, pa je zadnji korak bio te vrijednosti pretvoriti u minute ili sate. S time možemo uvidjeti da bi na 5G mreži bilo potrebno 16 minuta za preuzimanje datoteke od 100 GB. Na 4G+ mreži bi to iznosilo 1 sat 7 minuta i 9 sekundi. H+ mreža je pokazala, da bi to vrijeme iznosilo čak 33 sata i 30 minuta. Dok na kućnom Wi-Fi vrijeme potrebno za preuzimanje datoteke od 100 GB bi iznosilo 4 sata i 30 minuta.

# 7. Zaključak

Pametni telefoni novih generacija predstavljaju mala računala u ruci. Današnja tehnologija svojim brzim napretkom običnog čovjeka stavlja u poziciju da ne stigne popratiti sve trendove u svijetu pametnih telefona. Svake godine izlaze novi uređaji sa još boljim performansama, većim brojem kamera na kučištu te predstavljaju *„najbolji proizvod do sada“* kod svakog proizvođača. Treba napomenuti tvrtku Samsung koja pomiče granice kada su u pitanju same performanse ili dizajn pametnog telefona. Najbolji primjeri istoga predstavljaju Samsung Galaxy Z Flip 3 i Z Fold 3 modeli sa svojim savitljim Dynamic Amoled 2X zaslonima.

Podatkovni promet iz godine u godinu bilježi sve veći rast. Glavni uzrok tome predstavljaju videozapisi i video sadržaji koji su dostupni na internetu, bilo to na YouTube-u, Facebook-u, Instagram-u ili drugim društvenim mrežama. Isto tako, razmjena videozapisa preko aplikacija za slanje poruka kao što su WhatsApp, Telegram ili Messenger, također pridonosi velikom udjelu generiranja podatkovnog prometa na pametnim telefonima novih generacija. Istraživanja predviđaju da će do 2025. godine generiranje podatkovnog prometa na video sadržaj zauzimati 76% ukupnog generiranog prometa, što bi bilo jednako 125 EB mjesečno.

Peta generacije mobilne mreže, odnosno 5G nudi mnoge prednosti te doprinosi velikoj mobilnosti i  boljoj pokrivenosti signala. Svakako je važno za istaknuti da omogućuje korištenje IoT-a, na temelju čega će mnoga područja imati velike benefite. Neka od tih područja predstavljaju promet, zdravstvo, proizvodna industrija, pametni gradovi, itd. Također neke od značajnih mogućnosti IoT-a, poput bežičnog otkrivanja i praćenja lokacije korisne su za praćenje raznih oblika imovine i spriječavanja krađa. Isto tako, nadzor i kontrola kritične infrastrukture koja daje širu primjenu pametnih nadzornih uređaja na kritičnoj infrastrukturi poput cesta, željeznica, dalekovoda i sl. U konačnici, evidentno je da IoT predstavlja budućnost u sadašnjosti i predstavlja okosnicu za veliku povezanost umreženih uređaja.

Analiza generiranja podatkovnog prometa izvršena je preko Samsung Galaxy A32 5G uređaja. Za uređaj koji zadovoljava potrebu podržavanja 5G tehnologije ispostavio se kao financijski najisplativija opcija. Osim samog uređaja korištena je aplikacija *Data Counter Widget: Data Usage Manager / Monitor*. Za potrebe mjerenja mreže koje su bile uzete u obzir su H+, 4G+, 5G mreža i kućni Wi-Fi. Mjerenje na H+, 4G+ i 5G mreži je odrađeno na istoj lokaciji, dok je mjerenje na Wi-Fi mreži odrađeno na kućnoj adresi. Zadatak analize je bio izmjeriti potrebno vrijeme preuzimanja videozapisa od 2.1 GB na svim mrežama. Najveću izmjerenu brzinu preuzimanja imala je 5G mreža i iznosilo je 825.9 Mbit/s, dok je H+ mreža imala najmanju brzinu od samo 6.8 Mbit/s. Samim time, za preuzimanje videozapisa najmanje vremena je bilo potrebno na 5G mreži i to 1 minutu i 43 sekunde. Na 4G+ mreži vrijeme potrebno za preuzimanje videozapisa iznosilo je 2 minute i 23 sekunde, na H+ mreži 42 minute i 30 sekundi, a na Wi-Fi mreži 7 minuta i 9 sekundi.

Na temelju dobivenih podataka iz analize, računicom je prikazano koliko je potrebno vrijeme da se skine datoteka veličine 100 GB na svakoj od mreža. U obzir su uzete izmjerene brzine na svakoj od mreža. Pa tako, dobiveni rezultati prikazuju kako je na 5G mreži uvelike manje potrebno vrijeme za preuzimanje datoteke veličine 100 GB. Dobiveno vrijeme na 5G mreži iznosilo bi 16 minuta, na 4G+ mreži 1 sat 7 minuta i 9 sekundi, na H+ 33 sata i 30 minuta, a na Wi-Fi mreži 4 sata i 30 minuta. Svakako 5G predstavlja veliki korak naprijed sa svojim brzinama preuzimanja, iako su ove brzine izmjerene u testnoj fazi. U Hrvatskoj trenutno 5G još uvijek nije u svojem punom potencijalu, ali će se zasigurno s vremenom sve više koristiti i u konačnici doprinijeti društvu.

## Popis literature


[1] Mobile Evolution from Time to Time. Preuzeto sa: https://www.loop.markets/my-mobile-evolution-from-time-to-time/

[2] Specifications of Samsung Galaxy S21 Ultra 5G. Preuzeto sa: https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_s21_ultra_5g-10596.php

[3] Top 5 smartphone manufacturers in Europe for April 2021. Preuzeto sa: https://www.gizchina.com/2021/05/25/top-5-smartphone-manufacturers-in-europe-for-april-2021/

[4] Samsung Galaxy Fold Summary. Preuzeto sa: https://gadgets.ndtv.com/samsung-galaxy-fold-12084

[5] Zašto 5G. Preuzeto sa: https://www.hakom.hr/hr/zasto-5g/384

[6] Benchmarking the Global 5G Experience – April 2021. Preuzeto sa: https://www.opensignal.com/2021/04/15/benchmarking-the-global-5g-experience-april-2021

[7] 5G Smartphone prices. Preuzeto sa: https://www.amazon.com/s?k=5g+smartphones&ref=nb_sb_noss_1

[8] Kandarp S., "Mobile Phone Operating Systems: A Comparison". Preuzeto sa: https://www.ijser.org/researchpaper/Mobile-Phone-Operating-Systems-A-Comparison.pdf

[9] Smartphone Market Share. Preuzeto sa: https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share

[10] MOVR – Mobile Overview Report, January – March 2021.

[11] S. Arya, N. Pratap, K. Bhatia, „Future of Face Recognition: A Review". Preuzeto sa: https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050915021870?token=79A1D305A30CF8FA0B2A359F77349453B0C5B6D4A3175A7E9C67B2E8AB7FCCA9670D6A525A4741003ACDE7D4523233EB&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211121131402

[12] What is Facial Recognition – Definition and Explanation. Preuzeto sa: https://www.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition

[13] 10 Mobile Usage Statistics Every Marketer Should Know in 2021. Preuzeto sa: https://www.oberlo.com/blog/mobile-usage-statistics

[14] Ericsson: Mobile data traffic outlook. Preuzeto sa: https://www.ericsson.com/en/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast

[15] Ericsson Mobility Report, June 2020. Preuzeto sa: https://www.ericsson.com/49da93/assets/local/mobility-report/documents/2020/june2020-ericsson-mobility-report.pdf

[16] Simon Johansen - 1G, 2G, 3G, 4G, 5G. Preuzeto sa: https://its-wiki.no/images/c/c8/From_1G_to_5G_Simon.pdf

[17] Tutorilaspoint - Communication Technologies – Mobile. Preuzeto sa: https://www.tutorialspoint.com/communication_technologies/communication_technologies_mobile.htm

[18] RF Page - Evolution of wireless technologies 1G to 5G in mobile communication. Preuzeto sa: https://www.rfpage.com/evolution-of-wireless-technologies-1g-to-5g-in-mobile-communication/

[19] Jovović I., Husnjak S., Forenbacher I., Maček S., "5G, Blockchain and IPFS: A General Survey with Possible Innovative Applications in Industry 4.0". Dostupno na: https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.6-11-2018.2279695

[20] 1G Vs. 2G Vs. 3G Vs. 4G Vs. 5G. Preuzeto sa: http://net-informations.com/q/diff/generations.html

[21] Internet of Things (IoT)- Applications and Implications. Preuzeto sa: https://www.reyamitech.com/internet-of-things-iot-applications-and-implications/

[22] S. Chen, Hui Xu, D. Liu, Bo Hu, and H. Wang, "A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities with China Perspective". Preuzeto sa: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6851114

[23] The Future of Connected Devices. Preuzeto sa: https://www.nist.gov/blogs/manufacturing-innovation-blog/future-connected-devices

[24] IoT to dominate connected device landscape by 2021. Preuzeto sa: https://www.zdnet.com/article/report-iot-devices-to-dominate-connected-device-landscape-by-2021/

[25] A Quick Introduction to Smartphone Architecture. Preuzeto sa: https://www.evelta.com/blog/a-quick-introduction-to-smartphone-architecture/

[26] Samsung Galaxy S21 Ultra 5G. Preuzeto sa: https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_s21_ultra_5g-10596.php

[27] Samsung Exynos 2100 5G vs Qualcomm Snapdragon 888 5G. Preuzeto sa: https://www.notebookcheck.net/Exynos-2100-5G-vs-SD-888-5G_13115_13017.247596.0.html

[28] Qualcomm Snapdragon 888 deep dive: Everything you need to know. Preuzeto sa: https://www.androidauthority.com/qualcomm-snapdragon-888-1179156/

[29] Samsung Galaxy S21 Ultra Snapdragon vs Exynos: How big is the performance gap? Preuzeto sa: https://www.androidauthority.com/samsung-galaxy-s21-ultra-snapdragon-vs-exynos-1195066/

[30] B. N. Patel, M. M. Prajapati, "OLED: A Modern Display Technology". Preuzeto sa: http://www.ijsrp.org/research-paper-0614/ijsrp-p3080.pdf

[31] How Dynamic AMOLED 2X on the Samsung Galaxy Note20 Ultra Changed the Game. Preuzeto sa: https://pokde.net/gadget/smartphone/dynamic-amoled-2x-note20-ultra

[32] OLED Smartphones: introduction and market status. Preuzeto sa: https://www.oled-info.com/oled-mobile-phones

[33] Samsung Galaxy S21 Ultra 5G Camera Specifications. Preuzeto sa: https://th-live-05.slatic.net/shop/2138918dfb03308e693ab9e8543e8af2.jpeg_2200x2200q80.jpg_.webp

[34] Landscape Photo Comparison: Galaxy S21 Ultra vs. DSLR Cameras. Preuzeto sa: https://news.samsung.com/global/landscape-photo-comparison-galaxy-s21-ultra-vs-dslr-cameras

[35] Your guide to Samsung's Galaxy A12, A32 5G, A42 5G and A52 5G smartphones. Preuzeto sa: https://insights.samsung.com/2021/04/14/your-guide-to-samsungs-galaxy-a12-a32-5g-a42-5g-and-a52-5g-smartphones/

## Popis slika

**Slika 1.** Evolucija pametnih telefona kroz godine

**Slika 2.** Koraci tijekom tehnologije prepoznavanja lica

**Slika 3.** Evolucija Internet of Things (IoT)

**Slika 4.** Primjene IoT-a

**Slika 5.** Pojednostavljena arhitektura pametnih telefona

**Slika 6.** Specifikacije kamera na stražnjoj strani uređaja Samsung Galaxy S21 Ultra 5G

**Slika 7.** Prikaz različitih kuteva stražnjih kamera Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaja

**Slika 8.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na Wi-Fi mreži

**Slika 9.** Speedtest na Wi-Fi mreži

**Slika 10.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na H+ mreži

**Slika 11.** Speedtest na H+ mreži

**Slika 12.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na 4G+ mreži

**Slika 13.** Speedtest na 4G+ mreži

**Slika 14.** Lokacija mjerenja generiranog prometa na 5G mreži

**Slika 15.** Speedtest na 5G mreži

## Popis grafikona

**Grafikon 1:** Najpopularniji brendovi pametnih telefona u Europi u prvom kvartalu 2021. godine

**Grafikon 2:** Top 10 država prema brzinama u preuzimanju na pristupnoj mreži 5G

**Grafikon 3:** Raspon cijena 5G uređaja u američkim dolarima

**Grafikon 4:** Zastupljenost OS-a pametnih telefona na globalnoj razini, od 2021. do 2025. godine

**Grafikon 5:** Postotci korištenja OS Android i Apple iOS na globalnoj razini u prvom kvartalu 2021. godine

**Grafikon 6:** Usporedba zastupljenosti OS-a pametnih telefona između četvrtog kvartala 2020. godine i prvog kvartala 2021. godine

**Grafikon 7:** Generiranje mobilnih podataka na globalnoj razini

**Grafikon 8:** Mjesečni mobilni podaci prema kategoriji aplikacije (postotak)

**Grafikon 9:** Usporedba brzina prijenosa podataka prema generaciji mreže

**Grafikon 10:** Prikaz porasta IoT-a u periodu od 6 godina

**Grafikon 11:** Snapdragon 888 vs Exynos 2100 – test izdržljivosti baterije

**Grafikon 12:** Usporedba vremena preuzimanja videozapisa po mrežama

## Popis tablica

**Tablica 1.** Prikaz raspona cijena 5G pametnih telefona prema specifikacijama

**Tablica 2.** Specifikacije Samsung Galaxy S21 Ultra 5G uređaja

**Tablica 3.** Rezultati mjerenja prilikom preuzimanja videozapisa

**Tablica 4.** Izračunata vremena potrebna za preuzimanje datoteke od 100 GB

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Podatkovni promet pametnih telefona novih generacija**

**New generations smartphones data traffic**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 21.11.2021

Student/ica:

*(potpis)*