

Peta generacija mobilnih mreža

Gorup, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:131:647147>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Humanities
and Social Sciences

Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI
Ak. god. 2020./2021.

Dora Gorup

PETA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA

Završni rad

Mentor: dr.sc. Vedran Juričić, doc.

Zagreb, lipanj 2021.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem da je ovaj rad rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije korišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Sadržaj

Sadržaj	iii
1. Uvod	1
2. Povijesni razvoj mobilnih mreža	2
2.1. 1G mreža	3
2.2. 2G mreža	3
2.3. 3G mreža	4
2.4. 4G mreža	5
3. 5G mreža	7
3.1. Arhitektura 5G mreže	7
3.2. Sigurnost i utjecaj na zdravlje	10
4. Primjena 5G mreža	12
4.1. Internet stvari	12
4.2. Podjela Interneta stvari	14
4.3. Implementacija Interneta stvari	15
4.4. Pametni gradovi	17
4.5. VR, AR i MR tehnologije	20
5. 5G mreža u svijetu	22
6. 5G mreža u Republici Hrvatskoj	24
6.1. Pokrivenost 5G mrežom u Republici Hrvatskoj	24
6.2. Primjeri implementacije 5G mreže u Republici Hrvatskoj	25
7. Zaključak	28
Literatura	29
Popis slika	31
Popis tablica	32
Sažetak	33

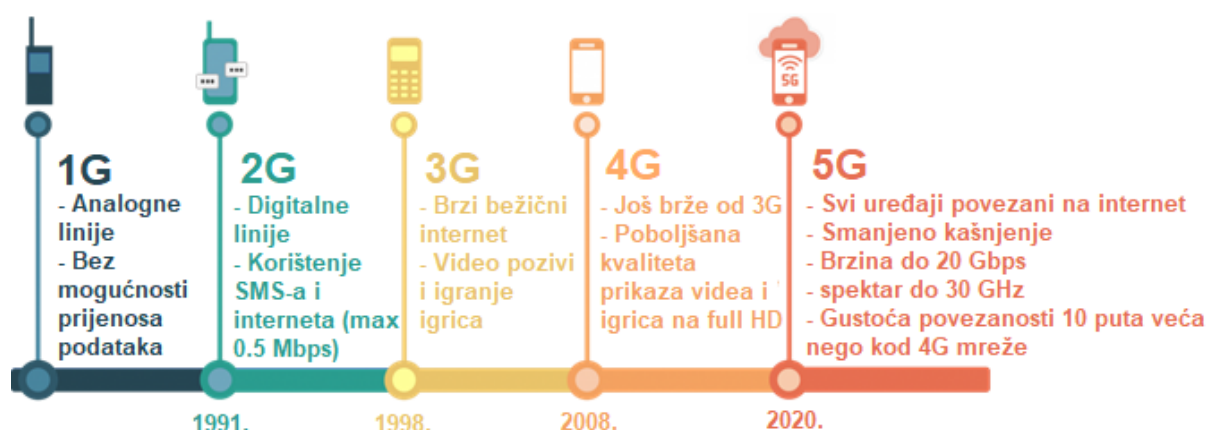
Summary.....	34
---------------------	-----------

1. Uvod

Sve veća potreba za informacijama u bilo kojem trenutku, bilo gdje, te automatizacijom svakodnevnih aktivnosti i procesa zahtijeva i odgovarajuću tehnologiju koja to može pružiti. Prenapučenost uređajima povezanim na Internet stvarala je zagušenost mreže ranije generacije. Navedeni izazovi samo su dio onoga za što peta generacija mobilnih mreža pruža rješenja. Nove tehnologije omogućuju prijenos većeg broja podataka uz manje kašnjenje, bolju povezanost uređaja povezanih na temelju Interneta stvari, olakšavaju svakodnevne aktivnosti te općenito mijenjaju naše navike. U ovom radu prikazan je povijesni razvoj mobilnih mreža, od najstarije do najnovije, kako bi se pokazale inovacije i napreci koje svaka sljedeća sa sobom donosi. Naglasak je na petoj generaciji mobilnih mreža, stoga će detaljnije biti prikazane njene prednosti, što ona omogućava, te industrije u kojima je bitna za daljnji napredak. U radu je također prikazana trenutna situacija implementacije i korištenja 5G mreže u Republici Hrvatskoj. Iako Republika Hrvatska nije na razini nekih razvijenijih država kad je u pitanju 5G mreža, Rijeka je bila izabrana kao jedan od gradova čija je zadaća pomoći drugima u postizanju statusa pametnoga grada, umreženog na temelju principa Interneta stvari, koje se također opisuju u ovome radu. Prikazana je i arhitektura novih tehnologija koje se koriste kako bi krajnji korisnici dobili maksimalno zadovoljstvo korištenja 5G mreže. Iako postoje neke sumnje vezane za sigurnost ljudskog zdravlja povezane s utjecajem 5G mreže, teleoperateri tvrde kako je ona ispitana i sigurna za korištenje, što je detaljnije i opisano u radu.

2. Povijesni razvoj mobilnih mreža

Petoj generaciji mobilne mreže prethodile su manje razvijene generacije koje su mijenjale svijet, svaka više od prethodne. Otkad je stvorena prva generacija mobilnih mreža, potrebe ljudi za mobilnošću i komunikacijom rasle su, stoga se i svakodnevni život drastično promijenio. Želje i potrebe za informacijama dostupnim u svakom trenutku, povezanosti s ostalima te korištenje interneta u bilo kojem trenutku bilo gdje rezultirale su nužnim naprecima izgradnje bolje mobilne mreže. Prije dvadesetak godina mobilne mreže bile su tek inovacija, ali tehnologije informacijske i komunikacijske prirode još daleke želje, snovi i budućnost. Slika 1. u kratkim natuknicama prikazuje neke od najznačajnijih aspekata svake generacije mobilnih mreža, njihove novitete te okvirno vrijeme kada su se koristile i izgled mobilnih uređaja koji su se koristili u određeno vrijeme.



Slika 1. Razvoj mobilnih mreža. ("Evolution of Mobile generation from 1G to 6G", 2021)

Prva generacija mobilnih mreža nije sadržavala opciju prijenosa podataka, pa čak ni slanje i primanje SMS poruka. Ta opcija postala je dostupna zahvaljujući drugoj generaciji, 2G mreži, koja se koristila digitalnim glasovnim signalom. Unatoč tome, brzina internetske veze nije prelazila 0,5 Mbps (Megabit po sekundi). Treća generacija mobilnih mreža sadržavala je velike napretke i promijene u načinu funkcioniranja. S njom su omogućene brzine do otprilike 40 Mbps, stoga je to bio početak korištenja videopoziva, igrica, raznih aplikacija. Kvaliteta navedenih usluga znatno se poboljšala

kada je u promet puštena 4G mreža, koja im omogućuje puniju rezoluciju. („Evolution of Mobile generation from 1G to 6G“, 2021)

2.1. 1G mreža

Prva generacija, 1G mreža, služila se analognom komunikacijom. Korištena je 1980-ih godina, a upotrebljavale su se višestruke ćelije. Ukoliko je korisnik koji je razgovarao putovao kroz područje pokriveno s nekoliko ćelija, poziv se prenosio iz jedne ćelije u drugu. Japanska tvrtka NTT (engl. *Nippon Telegraph and Telephone Corporation*) prva je stvorila mrežu za komercijalne svrhe u Tokiju 1979. godine, postavljajući na njegovom teritoriju 23 bazne stanice. Pet godina nakon toga, Japan je postao i prva država s nacionalnom 1G mrežom jer se NTT mreža proširila na čitav teritorij zemlje. (Nacionalni CERT, 2010) Unatoč tome što je prva generacija bila ograničena te nije pružala mnogo mogućnosti, predstavljala je inovaciju s iznimnom važnošću u telekomunikacijskoj industriji.

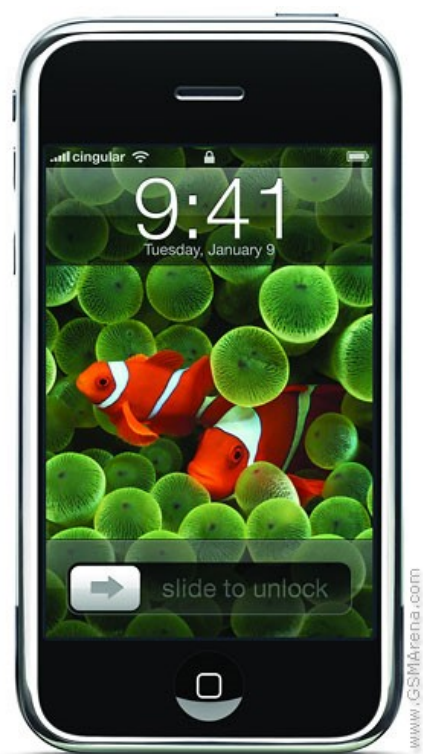
Za vrijeme korištenja prve generacije mobilnih mreža, prvi stvoreni mobilni uređaji bili su veličine cigle, s kojom su nerijetko bili i uspoređivani. Iako baterija nije trajala više od 30 minuta ukoliko se upotrebljavao za razgovor, mobilni telefon prikazan na slici 2. koštao je 3,995 američkih dolara, te je postao simbol bogatstva i moći. Dr. Martin Cooper, njegov izumitelj, obavio je ujedno i prvi poziv 1973. godine, ali je mobitel postao komercijalno dostupan tek deset godina nakon toga. (Ćosić, 2018)

2.2. 2G mreža

Za razliku od prve generacije, druga je koristila digitalni prijenos podataka. U ovom razdoblju broj korisnika mobitela skočio je u visine, a posebice su se koristili mobiteli na bonove. Također, to je označilo početak prijenosa podataka putem mobilnih uređaja jer su se počele koristiti SMS poruke (eng. *Short Message Service*), te je i multimedijalni sadržaj postao dostupan na mobilnim uređajima. Kako se tehnologija razvijala, uvodilo se sve više ćelija i odašiljača, pa je omogućen i razvoj samih mobilnih uređaja, njihovih baterija i ostalih karakteristika. Mobilni uređaji postali su nešto manji i praktičniji nego što su to bile takozvane „cigle“. (Nacionalni CERT, 2010)

2.3. 3G mreža

Uz sve novitete i mogućnosti koje je treća generacija donijela sa sobom, naglasak je bio na brzini bežičnoj vezi koja je dostizala i nešto više od 40 Mbps, s obzirom da je potražnja za korištenjem i prijenosom podataka postajala sve veća i veća. Uz to, korištenjem 3G mreže počelo se upotrebljavati preusmjeravanje paketa za prijenos podataka. Na mobilnim uređajima tada su se počele masovno igrati igrice i koristiti mobilne aplikacije, te gledati videozapisi. Prvu nekomercijalnu mrežu treće generacije pokrenula je japanska tvrtka NTT DoCoMo 2001. godine. Predstavila ju je na području Tokia, a danas na japanskom tržištu više ni ne postoje mobiteli koji ne podržavaju 3G mrežu.



Slika 2. Iphone prve generacije. (GSM Arena, bez dat.)

Jedna od najpopularnijih tvrtki mobilnih uređaja današnjice tada je predstavila svoj prvi mobilni uređaj. Riječ je o tvrtki *Apple*, i njihovim mobilnim uređajem Iphone prve generacije, prikazanog na slici 2., puštenog u prodaju 2007. godine. (Nacionalni CERT, 2010)

2.4. 4G mreža

S obzirom da se s vremenom broj korisnika povećavao te su se sve više koristile aplikacije koje su za prijenos podataka upotrebljavale širokopojasni kanal, 3G mreža više nije bila dovoljna za zadovoljavanje takvih potreba. Četvrta generacija mobilnih mreža pružila je upravo to, pošto je i do deset puta brža nego treća, te je optimizirana za prijenos podataka, koristeći se IP (eng. Internet Protocol) mrežom. Prve dvije komercijalne tehnologije puštene u promet bile su LTE, na području Skandinavskih država te WiMAX, ponuđen na području SAD-a. (Nacionalni CERT, 2010)

Tablica 1. Prikaz prednosti, nedostataka i značajki mobilnih generacija. (Sertić, 31)

Generacija	Prednosti	Nedostatci	Značajke
1G	Jednostavni mrežni elementi	Ograničeni kapacitet mreže, velike mobilne stanice	Analogni telefonski pozivi
2G	Multimedijski sadržaji (SMS, MMS), pristup internetu	Male brzine prijenosa podataka, slaba pokrivenost	Digitalni telefonski pozivi, SMS, djelomičan pristup internetu
3G	Povećana sigurnost, svojstvo međunarodnog roaminga	Visoke cijene frekvencijskih spektara, velika potrošnja energije	Telefonski pozivi, SMS, širokopojasno slanje podataka, korištenje aplikacija na pametnim uređajima, video telefonski razgovori
4G	Veće brzine, bolja pokrivenost, MIMO tehnologija, manje kašnjenje	Potreban je unaprijeđeni hardver, poteškoće u implementaciji	All-IP usluge (glas i poruke), prijenos podataka pri velikim

			brzinama, svjetski roaming
5G	Gotovo 100% pokrivenost, minimalno kašnjenje, super velike brzine prijenosa	Potrebna velika gustoća baznih stanica	All-IP usluge, mrežno raslojavanje, IoT, minimalno kašnjenje, super brzi prijenos podataka, pametni gradovi

Tablica 1. prikazuje neke od najznačajnijih prednosti, nedostataka te značajki svake od pet generacija mobilnih mreža, kako bi se ukratko opisao njihov napredak, od prve generacije, gdje je aktivnost na mobilnim uređajima bila ograničena samo na pozive, pri čemu se koristio analogni signal, sve do najnovije, pete generacije, koja ne povezuje samo mobilne uređaje putem interneta, već i svakidašnje kućne aparate, automobile, pa čak i gradove, omogućuje brz prijenos podataka, a arhitektura kojom se koristi uvelike se promijenila, te još uvijek napreduje.

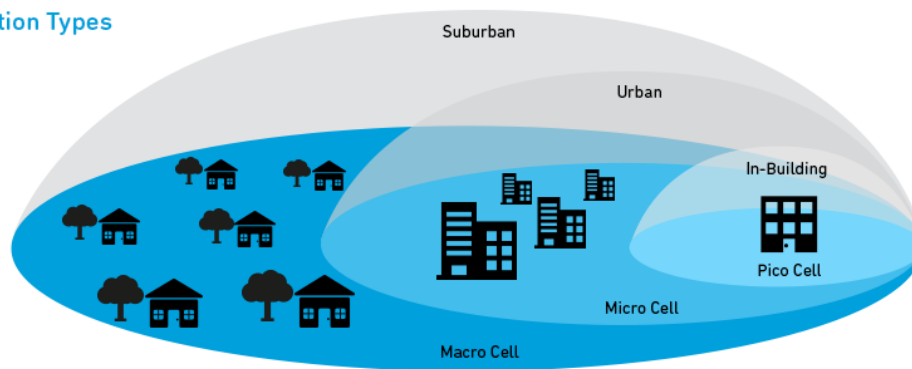
3. 5G mreža

Najnovija, peta generacija mobilnih mreža još uvijek je u fazi razvoja, no već sad omogućuje novitete koji su bili izrazito potrebni, kako bi se održao korak s razvojem ljudske rase, promjenama u njezinim zahtjevima te napretku u omogućavanju kvalitetnijeg života. 5G mreža omogućava spajanje različitih uređaja na internet i automatizaciju naših svakodnevnih aktivnosti, pomoću industrije zvane Internet stvari, opisane u poglavlju 4.1. Samim time, prenapučenost prijašnjih generacija mobilnih mreža te njihove ne dovoljno velike brzine, problemi su koje 5G mreža rješava, pomoću izručivanja „1000 do 5000 puta veći kapacitet od prethodnih generacija mobilnih mreža, odnosno 3G i 4G, te omogućuje prijenos podataka od 10 do 100Gbps.“ (Hasanagić, 7) Stoga, brzina slanja podataka povećala se u odnosu na prošle mreže, s 40 do 60 milisekundi, na 1 do 10 milisekundi s jedne točke na drugu, što znači da je latentnost manja. 5G mreža koristi se određenim novim tehnologijama, a neke od njih korištene su i u ranijim generacijama, no još uvijek su u fazi razvoja i napretka.

3.1. Arhitektura 5G mreže

S ciljem da se promijene mogućnosti koje nova mobilna generacija pruža, nužno je bilo promijeniti i sustav tj. arhitekturu kojom se ona koristi. 3GPP organizacija razvila je novu metodu povezivanja mreže, kao i sve prethodne, kojom se peta generacija mobilnih tehnologija služi, a radi se o 5G NR (eng. *New Radio*). Korisnicima se informacije isporučuju većim brzinama i manjim kašnjenjem, zahvaljujući glavnim dijelovima nove tehnologije, u koje spada mrežna jezgra, a povezana sa središnjim oblakom zajedno s principom rubnih oblaka čine sam oblak. Jezgra se s korisničkim sučeljem povezuje pomoću 5G NR mreže, koja sadrži tehnologije malih ćelija potrebnih za „milimetarski valni spektar, Massive MIMO-a – velikim brojem antenskih jedinica na jednom uređaju i beamforming usmjeravanju među onim najbitnijima“. (Filipović, 6) 5G NR mreža podržava, osim onih manjih zahtjeva poput Interneta stvari, i one veće gdje su u pitanju i veće količine podataka, a zbog takvih raznolikosti, heterogena arhitektura mreže potrebna je kako bi se tehnologije makro, mikro i piko ćelija objedinile, koje su prikazane na slici 3.

Base Station Types



Cell Type	Output Power (W)	Cell Radius (km)	Users	Locations
Femtocell	0.001 to 0.25	0.010 to 0.1	1 to 30	Indoor
Pico Cell	0.25 to 1	0.1 to 0.2	30 to 100	Indoor/Outdoor
Micro Cell	1 to 10	0.2 to 2.0	100 to 2000	Indoor/Outdoor
Macro Cell	10 to >50	8 to 30	>2000	Outdoor

qorvo

©2017 Qorvo, Inc.

Slika 3. Makro, mikro i piko bazne stanice. (Qorvo, 2017)

Kako bi peta generacija mobilnih mreža mogla omogućiti veće brzine prijenosa podataka, koristi se frekvencijskim spektrom koji do sad nije bio upotrebljavan, od 30 GHz do 300 GHz, takozvanim milimetarsko-valnim pojasom (eng. *mmWave*). Navedeni spektar koristi se zbog velike zagušenosti frekvencijskog spektra do 6 GHz sve većim brojem uređaja. Elektromagnetski valovi na višim frekvencijama osjetno su osjetljiviji na prepreke kao što su zidovi, stabla i slično, te iz tog razloga imaju puno kraći domet. Vremenske prilike kao što su kiša ili snijeg također mogu utjecati na širenje signala ovom tehnologijom. Stoga, razmještanjem malih ćelijskih baznih stanica nastoji se riješiti ovaj izazov i pokriti područja gdje je signal nedostupan, pošto je njihov doseg obično 100 metara, a doseg onih unutar zgrada otprilike 10 metara. Manje ćelijske bazne stanice, piko, obično se postavljaju na prometnim mjestima kao što su prometnice, trgovački centri, sportski stadioni, aerodromi i unutrašnjosti zgrada kako bi se na malom području omogućio što kvalitetniji signal 5G mreže. (Livaja, 166) Za razliku od velikih baznih stanica, one manje pružaju veću gustoću i pokrivenost mrežom, zbog svoje razgranatosti u manje dijelove, pri čemu se izvorni signal grana u veliki broj putanja.

Još jedna od tehnologija kojom se 5G mreža koristi je Massive MIMO (eng. *multiple-input and multiple-output*), koja se koristi i u sustavima prošlih generacija kao što je LTE. Ovom tehnikom koristi se veliki broj antena na odašiljačkom ili prijemnom

uređaju, što omogućava čvrstoću radijskog kanala i povećava pouzdanost veze. Kako signal dolazi od stotinu manjih antena, dolazi do problema interferencije valova. Rješenje za ovu situaciju nalazi se u tehnici usmjeravanja valova u obliku snopa (engl. *beamforming*), pri čemu se signal šalje precizno prema određenom uređaju, sprječava se interferencija i povećava se efikasnost prijenosa signala. (Filipović, 9)

Kako bi se utemeljile performanse i razine izvedbe koje peta generacija mobilnih mreža treba zadovoljiti, Međunarodna telekomunikacijska unija, agencija Ujedinjenih naroda osnovana za telekomunikacije izdala je standard IMT-2020., a neki od najznačajnijih zahtjeva prikazani su u Tablici 2., gdje je vidljivo da se od 5G mreže očekuju značajno veće brzine prijenosa podataka, pri čemu je sama gustoća povezanih uređaja znatno veća. Unatoč tome, kašnjenje se znatno smanjuje novom generacijom. Također, sve više uređaja koji koriste 5G mrežu ima sposobnost prepoznavanja potrebe za smanjenjem potrošnje energije kada se ne upotrebljavaju.

Tablica 2. Neki od značajnijih zahtjeva IMT-2020 standarda. (Filipović, 5)

Parametri	Zahtijevane performanse
Vršne vrijednosti brzine prijenosa podataka (eng. Peak data rate)	Barem 20 Gbit/s za downlink i 10 Gbit/s za uplink po mobilnoj baznoj stanici
Gustoća povezanosti	1 milijun povezanih uređaja po km ²
Mobilnost	0-500 km/h - pristup vozilima pri velikim brzinama
Energetska efikasnost	Radijska sučelja energetski učinkovita pod opterećenjem i prilagodljiva na brzi prijelaz u režim niske potrošnje energije kada nisu u upotrebi
Spektralna efikasnost	30 (bit/s)/Hz za downlink i 15 (bit/s)/Hz za uplink
Brzina prijenosa podataka u realnom okruženju (engl. Real-world data rate)	Po korisniku download brzina 100 Mbit/s i upload brzina 50 Mbit/s
Latencija	Maksimalno 4 ms

5G tehnologija mobilnih mreža u Republici Hrvatskoj implementirana je upotrebom dinamičkog dijeljenja spektra (Dynamic Spectrum Sharing - DSS). Operateri upotrebljavaju isti radiofrekvencijski spektar pomoću DSS-a, "odnosno isti frekvencijski nosilac za pružanje 5G i 4G (LTE) usluga. Dijeljenje resursa između 4G i 5G tehnologije ovisi o prometnim potrebama korisnika za pojedinom tehnologijom na određenom području gdje se resursi dinamički raspoređuju tijekom vremena." (HAKOM) S obzirom da je na ovaj način 5G mrežu moguće brzo i efikasno uspostaviti bez dodjele novog spektra, dovoljno je softverski nadograditi postojeće bazne postaje, čime operateri koriste trenutnu arhitekturu s malim izmjenama, a brže omogućuju većem broju krajnjih korisnika novu generaciju mobilnih mreža.

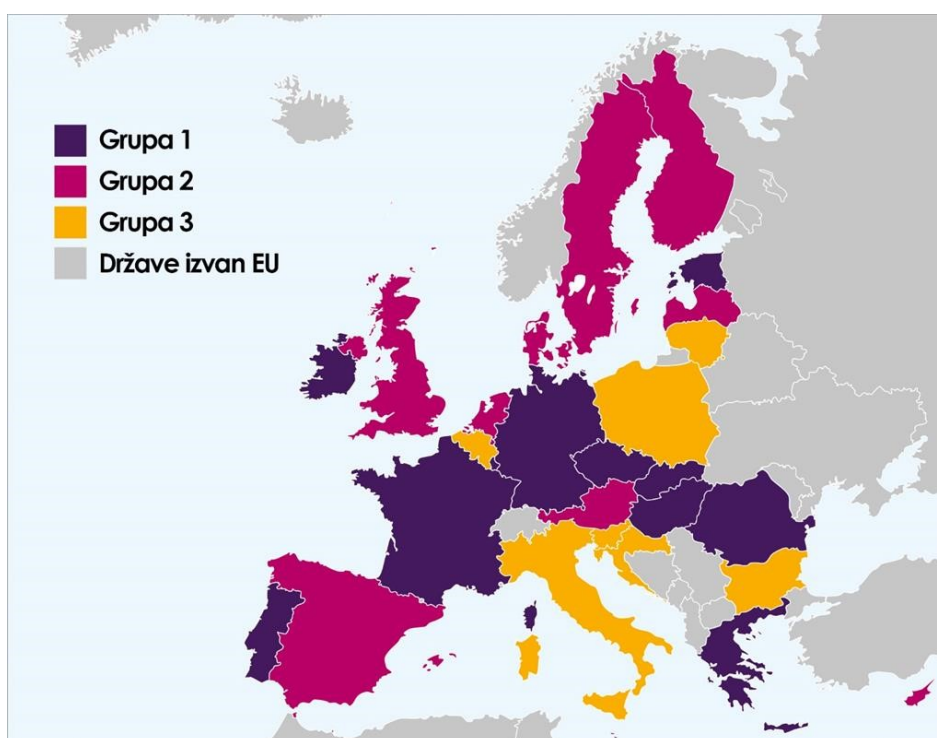
3.2. Sigurnost i utjecaj na zdravlje

Stavovi i mišljenja o novoj, naprednijoj, do prije nepoznatoj petoj generaciji mobilnih mreža ovise o društvu i njegovom ponašanju prema tehnologiji. HAKOM navodi kako „5G tehnologija nije bitno drugačija od ostalih tehnologija koje se već upotrebljavaju u bliskim frekvencijskim pojasevima za mreže pokretnih komunikacija.“ Postoje izazovi i sumnje oko sigurnosti novih tehnologija za ljudsko zdravlje, no što se tiče Republike Hrvatske, Hrvatski Telekom d.d. tvrdi kako su sve njihove bazne stanice „razvijene, testirane i puštene u rad u skladu s međunarodnim standardima i zahtjevima“. Također navode da proizvođač opreme također dostavlja i certifikate koji pokazuju ispravnost baznih stanica i mogućnost zadovoljavanja sigurnosnih zahtjeva, pri čemu odgovaraju i nizu standarda za sigurnost proizvoda i elektromagnetsku kompatibilnost, kako i općim tehničkim propisima. Nadalje, mjerenja razina elektromagnetskih polja nedaleko od baznih postaja u Republici Hrvatskoj u velikoj se mjeri provode svake godine, a rezultate nadgleda Ministarstvo zdravstva.

„HAKOM provjerava usklađenost postavljenih baznih postaja s dopuštenim razinama EMP-a propisanim Pravilnikom Ministarstva zdravstva. Ukoliko u postupku provjere usklađenosti pojedine bazne postaje postoji sumnja da razine EMP-a nisu u skladu s dopuštenim razinama, HAKOM za tu postaju provodi kontrolna mjerenja na terenu. Mjerenja EMP-a obavljaju se i temeljem opravdanih

zahtjeva građana. Svi rezultati mjerenja EMP-a koja je HAKOM proveo javno su objavljena u sklopu GIS portala na internetskim stranicama HAKOM-a.“ (HAKOM)

Međunarodna komisija za zaštitu od neionizirajućeg zračenja donijela je odluku o međunarodnom standardu za ograničenje izloženosti vremenski promjenjivim električnim, magnetskim i elektromagnetskim poljima - do 300 GHz, koju je prihvatila i Svjetska zdravstvena organizacija UN-a.



Slika 4. Ograničenja EMP-a u europskim zemljama s obzirom na preporuke Europske Unije (HAKOM, bez dat.)

Na slici 4. prikazane su tri grupe zemalja podijeljene s obzirom na svoja ograničenja EMP-a, a to su:

- grupa 1 – ograničenja u skladu s EU preporukom,
- grupa 2 – bez ograničenja ili manje stroža ograničenja od EU preporuke,
- grupa 3 – stroža ograničenja od EU preporuke (HAKOM).

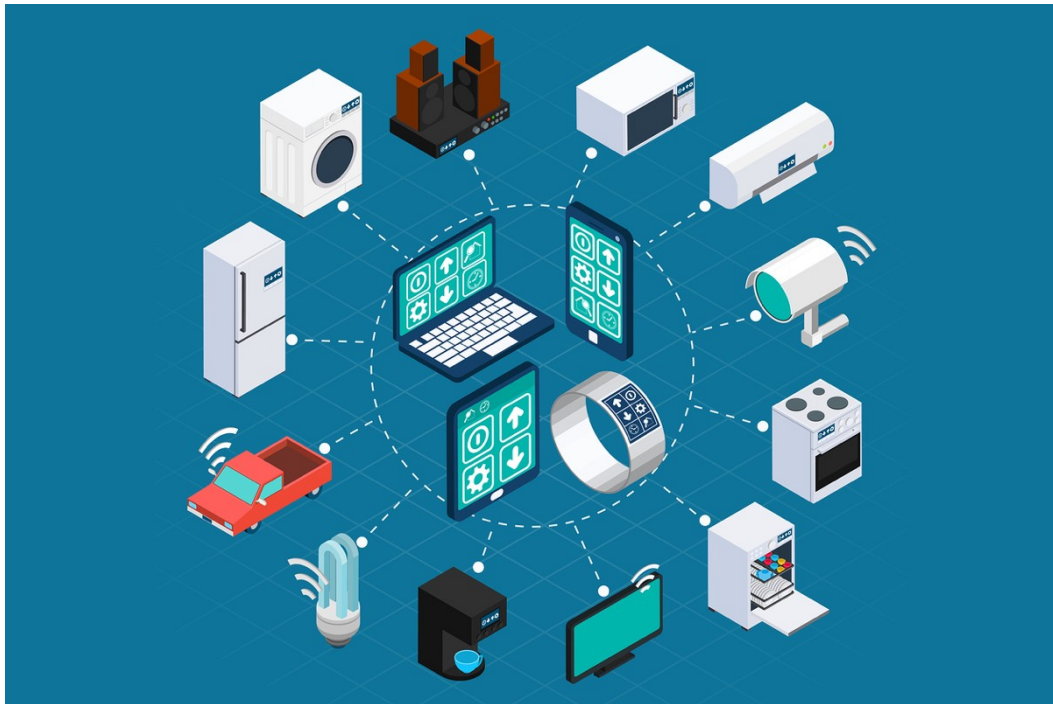
Unatoč tome, mjere u Republici Hrvatskoj značajno su strože od navedenih propisanih, kao što je vidljivo na slici 5., stoga i izvršena mjerenja razine elektromagnetskih polja pokazuju da nova tehnologija nije štetna za ljudske živote.

4. Primjena 5G mreža

Peta generacija mobilnih mreža sa sobom je donijela znatne promjene i napretke u prijenosu podataka, pri čemu je naglasak na brzini prijenosa podataka. Mobilne mreže dosegle su po prvi puta gigabitne brzine, a na mjesečnoj razini 5G mreža podržava i do 50 eksabajta (jedan eksabajt sadrži milijardu gigabajta). Kako navodi Hrvatski Telekom na svojim stranicama, sve veći broj uređaja moći će se spojiti na ovu tehnologiju, bez da to prouzroči kašnjenje, koje je s novom generacijom zapravo svedeno na minimum. Jedan od razloga zbog kojih je ovakva kvaliteta bila nužna je taj što se više ne povezuju samo mobilni uređaji, nego i sve više svakidašnjih predmeta koji nam pomažu u svakidašnjim situacijama.

4.1. Internet stvari

Sa sve većim zahtjevima i potrebama korisnika na internetu, dolaze i potrebe za nadogradnjom i poboljšanjem tehnologije koja će te zahtjeve moći ispuniti. Neke tehnologije koje peta generacija mobilnih mreža omogućava prvo su se pojavile u četvrtoj generaciji, stoga je njihovim daljnjim razvojem i sama peta generacija u fazi razvijanja, kako bi se zadovoljilo što više korisničkih potreba, kao što su stalne povezanosti za različite aplikacije, upravljanje na daljinu i preuzimanje velikih videozapisa visoke kvalitete. (Sertić, 31) Napredak tehnologije i mobilnih mreža zahtijevali su bežično povezivanje i umrežavanje različitih uređaja, koji do sad nisu imali mogućnost povezivanja na Internet niti s drugim takvim sličnim uređajima. Ljudske navike te aktivnosti znatno se mijenjaju s implementacijom Internet stvari, pri čemu se automatiziraju određeni procesi te omogućuje krajnjim korisnicima lakšu kontrolu nad raznim uređajima poput mobilnih telefona, kućanskih aparata, automobila, kuća i slično. Internet stvari jedna je od najbrže rastućih tehnologija u zadnjih nekoliko godina. Kako Hasanagić naglašava, ovu tehnologiju mnogi stručnjaci nazivaju novom industrijskom revolucijom „zbog toga što će dovesti automatizam i u izvođenju stalnih poslova, kako u kućanstvu tako i poslovnom svijetu, te će dovesti do lakše komunikacije između poslovnih objekata te državnih organa i praćenja poslovanja.“ (5)



Slika 5. Internet stvari i njihova povezanost. (MCA, 2016)

Internet stvari (eng. *Internet of Things - IoT*) koncept je „koji opisuje povezanost pametnih uređaja, konvencionalnih potrošačkih elemenata i fizičkog vlasništva preko Interneta, omogućavajući na taj način mnoge inovativne mogućnosti.” (Vujović et al., 658) Svakodnevni uređaji, koji više nisu ograničeni samo na mobilne uređaje i računala, povezani su te komuniciraju jedni s drugima pomoću interneta, kao što je prikazano i na slici 5., povezani su s okolinom te razmjenjuju podatke u svrhu olakšavanja svakodnevnih aktivnosti, poboljšanja proizvoda, kvalitete usluga te samog zadovoljstva korisnika. Kako navodi Vujović, “osnovne karakteristike sistema temeljenih na Internetu stvari su:

- sve komunicira: pametne stvari imaju mogućnost bežične komunikacije između sebe i između međusobno povezanih objekata unutar ad-hoc mreže,
- sve se identificira: pametne stvari se identificiraju preko digitalnog imena,
- sve međudjeluje: pametne stvari mogu međudjelovati sa lokalnim okruženjem kroz očitavanja i aktiviranja postojećih mogućnosti.” (659)

Hasanagić navodi kako se koncept Internet stvari sastoji od tri najbitnije značajke, a to su komunikacija, kontrola i ušteda sredstava. Ljudi komuniciraju sa

strojevima, tj. njihovim sistemima poput sadržaja opreme te stanja određene bolnice. Također, kako bi se pratile promjene u ljudskom organizmu, bitna je komunikacija između senzora i strojeva, kao što je bitna i komunikacija između pošiljki koje se šalju s ciljem da se zna vrijeme i datum dostave. Kao primjer gdje to može utjecati i na ljudske živote, Hasanagić navodi medicinski sektor, pri čemu „praćenje određenih doza krvi zalihi kroz obradu informacija može dovesti do određenog stanja u bolnicama te kojoj je bolnici potrebna određena krvna grupa.“ (4) Nadalje, kako bi poslovanje bilo uspješno, a obavljanje rutinskih poslova olakšano, bitna je kontrola. Postavke kao što su podešavanje temperature zraka u prostorijama ili automobilima, postavljanje idealne vlažnosti u plastenicima i slično mogu se i automatizirati. Naprimjer, ukoliko se na automobilu desi mehanički kvar, senzor koji identificira i obrađuje promjenu koja se desila, šalje je u auto kuću, koja dogovara termin servisa za određeni kvar, ili prosljeđuje korisnika u najbližu ovlaštenu servisnu kuću. Kako bi se uštedila sredstva, pametni strojevi imaju mogućnost dojava zastarjelih dijelova ili onih koji bi se mogli u skorije vrijeme pokvariti, kako bi se takvi mogli na vrijeme zamijeniti, što sprječava zaustavljanje proizvodnje te štedi vrijeme.

4.2. Podjela Interneta stvari

Internet stvari mogu se podijeliti na nekoliko vrsta, uzimajući u obzir svrhu njihovog korištenja, namjenu, procese i probleme koje obuhvaćaju i rješavaju te korisnike kojima su namijenjeni. Najvažnija podjela Interneta stvari je:

- potrošački Internet stvari (eng. Consumer Internet of things, CIoT),
- industrijski Internet stvari (eng. Industrial Internet of things, IIoT),
- komercijalni Internet stvari (eng. Commercial Internet of things) (Stanić, 11).

Uređaji koji spadaju u Potrošački Internet stvari koriste se relativno malom količinom podataka, fokusiraju se većinom na zadovoljstvo potrošača, stoga ukoliko dođe do njihovog kvara, ne postoje neki ozbiljni problemi u poslovnom ili sigurnosnom smislu. Neki od uređaja koji spadaju u ovu vrstu su televizori, hladnjaci, perilice, sušila, klime, fitness narukvice i satovi, naočale, uređaji za nadzor kućnih ljubimaca i djece, i slično. Industrijski Internet stvari Stanić opisuje kao „skup strojeva, računala i ljudi koji zajednički omogućuju inteligentne industrijske operacije pomoću napredne analize

podataka, a sve u svrhu podizanja rezultata poslovanja na novu, višu razinu.” (16) Tvrtke se koriste ovim povezanim uređajima kako bi unaprijedili svoje poslovanje te ostvarili operativne i financijske profite kroz praćenje, skupljanje, razmjenu, analizu te isporuku informacija. Greške i kvarovi nastali u ovakvim sustavima mogu napraviti znatno veće štete i gubitke, stoga je vrlo važno da je kvaliteta tehnologije koja omogućava rad u ovakvim sustavima iznimno kvalitetna i pouzdana. Internet stvari tvrtkama također omogućuju inovacije, agilnost, prilagodljivost, nove poslovne prilike te prednosti nad konkurencijskim tvrtkama, te samu transformaciju poslovanja kroz nove i suvremene poslovne modele. Između navedene dvije vrste Internet stvari, nalazi se treća, komercijalni Internet stvari. Ova vrsta implementirana je većinom u poslovnim zgradama, maloprodajnim lancima, hotelima, ugostiteljstvima, zdravstvenim ustanovama i slično, a riječ je o različitim konceptima, kako Stanić navodi, kao što su pametne zgrade, pametni uredi, upravljanje njihovom energetsom učinkovitošću, pametni gradovi, maloprodaje, automobilske telematike i slično. (21)

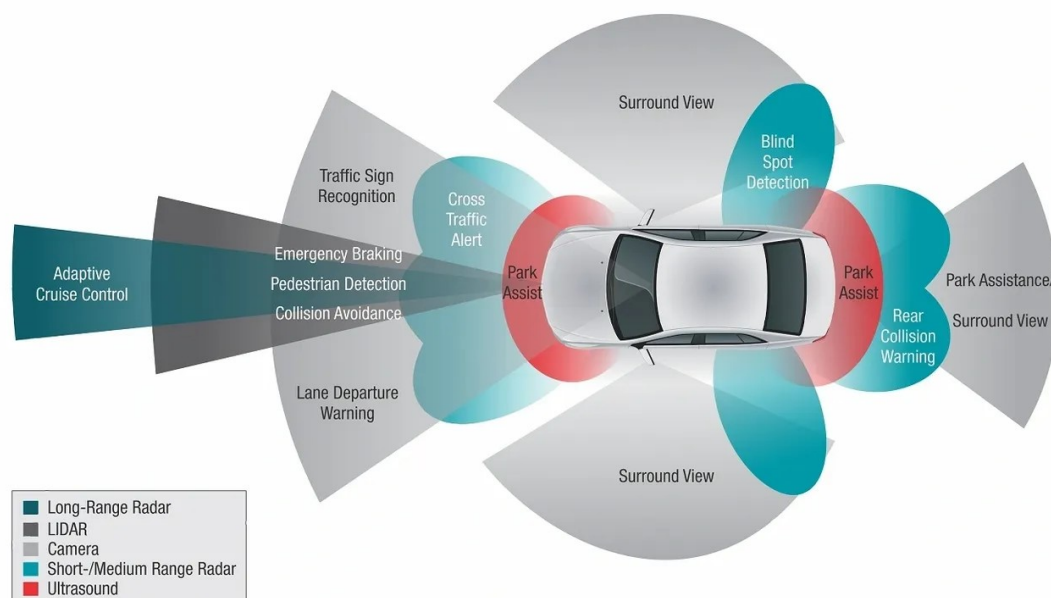
4.3. Implementacija Interneta stvari

Razne aplikacije ljudima omogućuju lakše obavljanje svakodnevnih aktivnosti i ugodniji život. Razni asistenti poput Siri tvrtke *Apple* i Alexe tvrtke *Amazon* pomažu u mnogo stvari, od podsjetnika za nešto što se treba obaviti, sve do usisavanja prilikom kojeg se Alexa povezuje s usisavačem. Mnogi drugi aparati i uređaji iz ljudske okoline povezuju se putem interneta, kao što su hladnjaci, termostati, senzori pokreta, aparati za nadgledanje beba i mnogi drugi. Primjer vezan za pametne hladnjake navodi Hasanagić, gdje opisuje kako bi pametni hladnjaci očitavali pametne oznake na bar-kodovima pomoću „radio frekvencijske identifikacije te bi se tako znalo do kada je taj proizvod u važećem roku trajanja i koliko uistinu takvih proizvoda trošimo.“ (3) Navedena opcija omogućila bi lakše praćenje ljudskih navika te mogućnost upozorenja ukoliko određenom proizvodu uskoro ističe rok trajanja, te popis namirnica koje je uskoro potrebno nadomjestiti.

S ciljem da korisnicima pruže izvrsno korisničko iskustvo, najbolju moguću povezanost uređaja, a i pritom ostvare profit, tvrtke su stvorile vlastite takozvane „ekosustave“. Riječ potječe iz biologije, a označava „dinamičan kompleks zajednica biljaka, životinja i mikroorganizama i njihovog neživog okoliša, koji međusobno djeluju

kao funkcionalna jedinica” (Stanić, 7), što se metaforički može prenijeti i na tržište pametnih uređaja, poput tvrtke Apple. Iako su se pametni mobilni uređaji pojavili 2003. godine, i već tad započeli razvoj programa i aplikacija kakve danas poznajemo, Apple je svoj operacijski sustav iOS na svjetsko tržište izbacio četiri godine kasnije, 2007. godine. “Apple je od svog ekosustava napravio globalni trend i ostvaruje multimilijunske prihode. Korisnici iPhone uređaja vjerojatnije će se odlučiti za kupovinu Apple MAC računala, iPad tableta, Apple pametnog sata i sl. upravo zbog toga što su međusobno kompatibilni, imaju isti, poseban iOS operativni sustav koji je specifičan za Apple, jedan korisnički račun kojim se mogu povezati na sve uređaje, iCloud sustav za pohranu podataka u “oblaku” i slično.” (Stanić, 7)

Telekomunikacijske tvrtke na istom principu žele omogućiti svojim korisnicima korištenje usluga, kako bi sve usluge koristili baš kod njih. Oni nude usluge te uređaje koji međusobno mogu stvoriti cjelinu, pri čemu korisnici ostvaruju veće pogodnosti, što više usluga imaju kod istog operatera. No, većina proizvoda ipak nije ograničena na korištenje i kompatibilnost samo s ostalim uslugama iste tvrtke, kako bi korisnici zadržali pravo na fleksibilnost i različitost. Neke od tvrtki značajne za razvoj Internetskih usluga su Google, Microsoft, Amazon, Verizon, IBM i Cisco. (Stanić, 10)



Slika 6. Pametan automobil. (BMW Glass, 2018)

Također, neke od automobilskih tvrtki kao što su *Tesla* i *Toyota* već su predstavili modele automobila koji mogu voziti sami, bez vozača. Kroz 5G mrežu takvi modeli bit

će sve napredniji, pouzdaniji i sigurniji, s mnogo automatiziranih sigurnosnih opcija, kao što je i prikazano na slici 6., čemu svjedoči i činjenica da napredniji modeli već sad imaju mogućnost prepoznavanja znakova. Naprimjer, njihovi brzi automatski senzori stvoreni su da brže reagiraju nego ljudi. Automobili sadrže kamere za lakše parkiranje i kretanje unazad, senzore koji reagiraju na objekte ukoliko se nalaze preblizu automobilu, upozoravaju vozača ukoliko prelaze preko pune crte te prepoznaju pješake te aute u okolini. Njihovi napredni sustavi predložit će prikladne puteve za kretanje, ali također i upozoriti na prepreke. Umreženost takvih automobila trebala bi riješiti probleme s parkingom, te povećati kontrolu nad protokom, izbjegavajući gužve i zastoje, brzini, efikasnosti i sigurnosti prometa. Takve promijene trebale bi utjecati i na ostatak ekonomije i kvalitetu ljudskog života, pri čemu znatno pomažu i pametni gradovi. (Pisarov, 393)

4.4. Pametni gradovi

Potreba za pametnim gradovima raste neprekidno, kako raste i gustoća naseljenosti na urbanim područjima. Gradovi moraju biti samoodrživi, imati rješenja za probleme kao što su otpad, parking i promet.

„Opremljeni su suvremenim i tehnološki vrlo naprednim uslugama koje služe optimizaciji i upravljanju javnim uslugama, prometom, sigurnosti, održivosti, infrastrukturu i sl. Pod javnim uslugama podrazumijevamo usluge građanima, turističke usluge, javni prijevoz, administrativne usluge i usluge informacija. Promet obuhvaća pametne ceste, pametni parking, pametni promet, buku i zagađenje uzrokovano prometom. Kada se govori o sigurnosti, valja spomenuti pametnu javnu rasvjetu, video nadzor, hitne službe i sl. Upravljanje otpadom, potrošnjom energenata, kvalitete zraka ubrajamo u kategoriju održivosti, dok pod infrastrukturu podrazumijevamo bilo koji oblik pametne infrastrukture (zgrade, prometnice i sl.)” (Stanić, 26)

Paliaga ističe kako su neka od rješenja vezana za učinkovitiji promet, veći protok te jednostavnije parkiranje „mobilna naplata parkirališta, aplikacije za iznajmljivanje automobila, interaktivne aplikacije za pametne telefone koje sadrže integrirani sustav rasporeda javnog prijevoza i naplate karata, pametne kamere i senzori za identifikaciju slobodnih parkirališnih mjesta, prometnih gužvi te preusmjeravanja prometa”. (570)



Slika 7. Umreženost i povezanost pametnog grada. (Novi List, 2021)

Kako bi se neki grad smatrao pametnim, postoje više karakteristika koje bi trebao zadovoljavati, kao što je vidljivo na slici 7.:

- infrastruktura zasnovana na tehnologiji,
- ekološke inicijative,
- sistem javnog prijevoza,
- odgovorno urbano planiranje,
- pametna vlada,
- inteligentne mreže i energetske usluge,
- učenje na daljinu, preko Interneta,
- telemedicina i pametna zdravstvena zaštita,
- privatnost osobnih podataka. (Pisarov, 393)

Pametni grad ne čine samo novija tehnologija i pametni uređaji, već i posebno planiranje gradskih procesa te donošenje pametnih odluka koje imaju utjecaj na kvalitetu života građana, kako bi se osjećali „umreženi, informirani, povezani, participativni i pripadajući lokalnoj zajednici” (Paliaga, 571). Osim podizanja kvalitete života građana, pametne odluke i procesi čuvaju okoliš, omogućuju štednju u proračunima, te stvaraju bolje i naprednije industrije, koje nastoje privući investicije te napredovati u skladu s promjenama ljudskih potreba i zahtjeva. Pametne odluke potrebno je donositi uzimajući u obzir i troškove i rizike koji dolaze uz njih. Kako se broj stanovništva u gradovima neprestano diže, upravljanje gradskim resursima i

procesima poprima sve veću važnost, stoga je 5G mreža ključan aspekt koji pomaže dostići optimizaciju, bolje i kvalitetnije pružanje usluga te veće zadovoljstvo i kvalitetu života.

Uvođenje koncepta pametnih gradova uključuje određene prednosti, a i nedostatke. Mogućnosti i prednosti koje pametni gradovi pružaju su brži i bolji razvoj grada, ekonomska i ekološka održivost kroz smanjenje emisije CO₂ te smanjenje utroška energije, čime se poboljšava i kvaliteta života. U prednosti pametnih gradova također spadaju:

- uštede u poslovanju/smanjenje troškova,
- povećanje kvalitete informacija koje služe za bolje upravljanje,
- povećanje sigurnosti stanovništva i brži pristup relevantnim podacima,
- bolja javna usluga,
- poticanje gospodarskih aktivnosti,
- smanjenje troškova, osnova za povlačenje sredstava iz EU fondova,
- bolja kontrola nad procesima kao temelj za bržu intervenciju,
- lakše snalaženje u prostoru,
- smanjenje gužvi u prometu u turističkoj sezoni,
- transparentnost,
- veća učinkovitost. (Paliaga, 579)

S druge strane, s obzirom da su pametni gradovi relativno nova pojava u ljudskoj povijesti te su još u fazi razvoja, postoje pojedini problemi i nedostaci s kojima je nužno suočiti se te težiti njihovom rješenju. Najčešći problemi s kojima se lokalne vlasti susreću pri implementiranju novih tehnologija i postizanju cilja pametnih gradova su povećani troškovi u početku ulaganja, ranjivost pametnih sustava kao, zbog čega može doći do hakerskih napada, te sporost u provođenju politika koje potiču koncept pametnih gradova. U nedostatke pametnih gradova također spadaju i:

- nedostatak integriranih projekata,
- nedostatak sredstava za implementaciju,
- manjak fondova za sufinanciranje jače razvijenih gradova
- prijelazno razdoblje između procesa,

- pojedine tehnologije još su uvijek u pretkomercijalnom stadiju,
- prevelika informatizacija i ovisnost o tehnologiji,
- puno rješenja koja ne daju efikasne rezultate,
- kompleksnost uvođenja i pomodarstvo,
- pametni gradovi utječu na stvaranje društvenih rizika (npr. starije stanovništvo koje nije upoznato s korištenjem tehnologijom). (Paliaga, 579)

Jedna od industrija kojoj je 5G mreža znatno poboljšala i olakšala rad je zdravstvo, čije su institucije zahvaljujući nosivim uređajima umreženim na temelju Internet stvari povezanije, što omogućava brže donošenje odluka, mogućnost udaljenog monitoringa pacijenata, bolju dijagnostiku te kvalitetniji sami tretman pacijenata.

Također, primjenom tehnologije Internet stvari u poljoprivredi optimiziraju se poljoprivredni procesi kao što su „potpuno autonomni poljoprivredni radni strojevi koji služe za sjetvu, dronovi koji kontroliraju zdravlje nasada i predviđaju vremenske uvjete, roboti koji se koriste za žetvu usjeva, pametni sustavi za navodnjavanje, sustavi za monitoring zdravstvenog stanja i stupanj zrelosti stoke.“ (Livaja, 164)

Najpametniji gradovi današnjice navedeni su u Poglavlju 5.

4.5. VR, AR i MR tehnologije

Jedna od industrija za čiji je napredak 5G mreža nužna je VR i AR tehnologija. AR tehnologija (eng. *Augmented Reality*) pogled kroz zaslon uređaja na stvari koje ne postoje u stvarnom životu, ali bez opcije da ih se mijenja, stoga ne postoji ikakva interakcija. Za razliku od nje, VR tehnologija (eng. *virtual reality*) kroz posebne naočale mijenja našu stvarnost za onu virtualnu, gdje je moguća minimalna interakcija kao što je to npr. otvaranje vrata. Spoj ovih dviju tehnologija daje MR tehnologiju (eng. *Mixed Reality*) gdje je u stvarnom vremenu moguća interakcija, mijenjanje i stvaranje novih elemenata. S obzirom da ova industrija stvara nove stvarnosti, pouzdana mreža nužna je kako bi stvoreni svijet oko korisnika bio što sličniji onome u stvarnome životu te kako

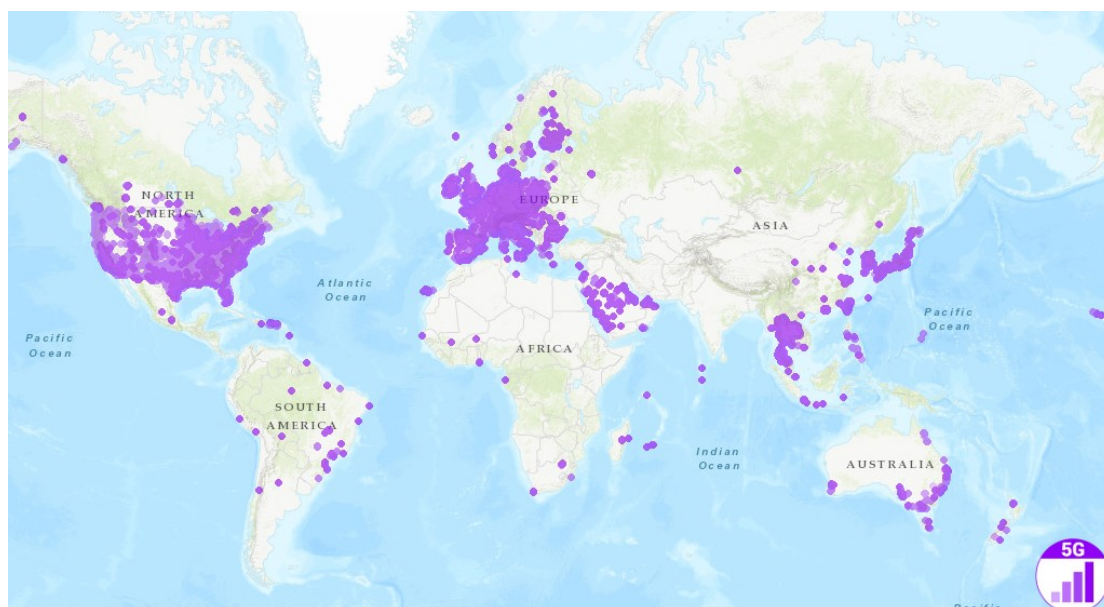
bi se postiglo željeno iskustvo. 5G mreža pomoći će ovoj industriji omogućavanjem prijenosa veće količine podataka i manjim vremenom čekanja.

Osim za zabavu, ove tehnologije koriste se u mnogim granama ljudske djelatnosti te olakšavaju rad, kao što je to npr. u medicini i stomatologiji, gdje se operacijski zahvati mogu vježbati u virtualnom okruženju. U ovoj grani očekuje se napredak pomoću 5G mreže kako bi se mogle odvijati komplicirane operacije na daljinu i povećanje automatizacije pri kirurškim zahvatima. U virtualnom okruženju također je moguće vježbati sposobnosti kroz različite vojne simulacije i ostale strategije obrane. Djeca pa i odrasli mogu se educirati, posjetiti različite muzeje, vježbati upravljanje različitim uređajima i vozilima i slično. Ove tehnologije korisne su i za sport jer je tako moguće provesti analize estetike performansi i tehnike, pa i pružiti iskustvo sjedenja na tribinama iz udobnosti svoga kauča kod kuće. (Opačak, 23)

Kako su mobilne mreže prisutne u raznim svakodnevnim dijelovima ljudskog života, peta generacija mobilnih mreža u velikoj mjeri utjecat će na ekonomiju. Opačak tvrdi kako ona također znatno unapređuje i mijenja industrije u kojima je implementirana, kao što su npr. proizvodnja, transport, zdravstvo i poljoprivreda, te praćenje i automatizacija mnogih procesa. (27)

5. 5G mreža u svijetu

Prva komercijalna mreža pete generacije puštena je u promet u Južnoj Koreji, u travnju 2019. godine. Radilo se o NSA (engl. *non-standalone*) verziji koja je bila kombinirana s LTE mrežom četvrte generacije. Koristila je spektar od 3.5 Ghz, a testirane brzine dostizale su od 193 do 430 Mbit/s. U usporedbi s Republikom Hrvatskom, gdje je prva komercijalna 5G mreža bila puštena u promet tek u listopadu 2020. godine, zemlje kao što su Južna Koreja, Kina, SAD i neke druge znatno su ranije napredovale i omogućile novu tehnologiju na području svojih teritorija. Naravno, te zemlje i predvode u stvaranju, testiranju i unaprijedovanju ovih tehnologija.



Slika 8. 5G karta pokrivenosti širom svijeta (nPerf, 2021.)

Kao što je i vidljivo na slici 8., najveća pokrivenost tehnologijom pete generacije nalazi se na području nekih europskih država, kao što su Njemačka i Francuska, Sjedinjenih Američkih Država, Japana, Tajlanda, Saudijske Arabije te južnoistočne obale Australije. Unutrašnjost Azije, Australije te Afrike lošije su pokrivena, zajedno s Južnom Amerikom i Kanadom.

Zemljama koje predvode u razvoju ove tehnologije zagarantiran je profit kroz prodaju opreme za implementaciju 5G mreže drugim zemljama. 5G mreža znatno utječe na ekonomiju tih zemalja kroz stvaranje mogućnosti otvaranja novih industrija

te zapošljavanje novih radnih snaga. Kako ostale razvijene države ne žele čekati dugo kako bi u potpunosti implementirale 5G mrežu, zemlje predvodnice imaju mogućnost postaviti vlastite uvjete o korištenju pete generacije mobilnih mreža. Švedska tvrtka Ericsson sklopila je ugovor s hrvatskim operaterima koji trenutno omogućuju korištenje i razvoj 5G mreže u Republici Hrvatskoj, kako bi nabavili potrebnu opremu.

Peta generacija mobilnih mreža ključan je faktor za razvoj pametnih gradova, opisanih u poglavlju 4.4., a neki od najpametnijih gradova današnjice su Singapur, Seul, London, Barcelona, Helsinki, New York, Montreal, Šangaj, Beč te Amsterdam. Svaki od ovih gradova implementira različite inovacije s ciljem boljeg funkcioniranja grada, njegovih procesa i mogućnosti koje pruža, no svaki od njih mora imati različit, individualan pristup u postizanju takvih ciljeva. Gradske uprave i lokalne zajednice diljem svijeta, pogotovo na području navedenih vodećih gradova, imaju važnu ulogu u postizanju uzora i odluke smjera u kojem će se tehnologije razvijati.

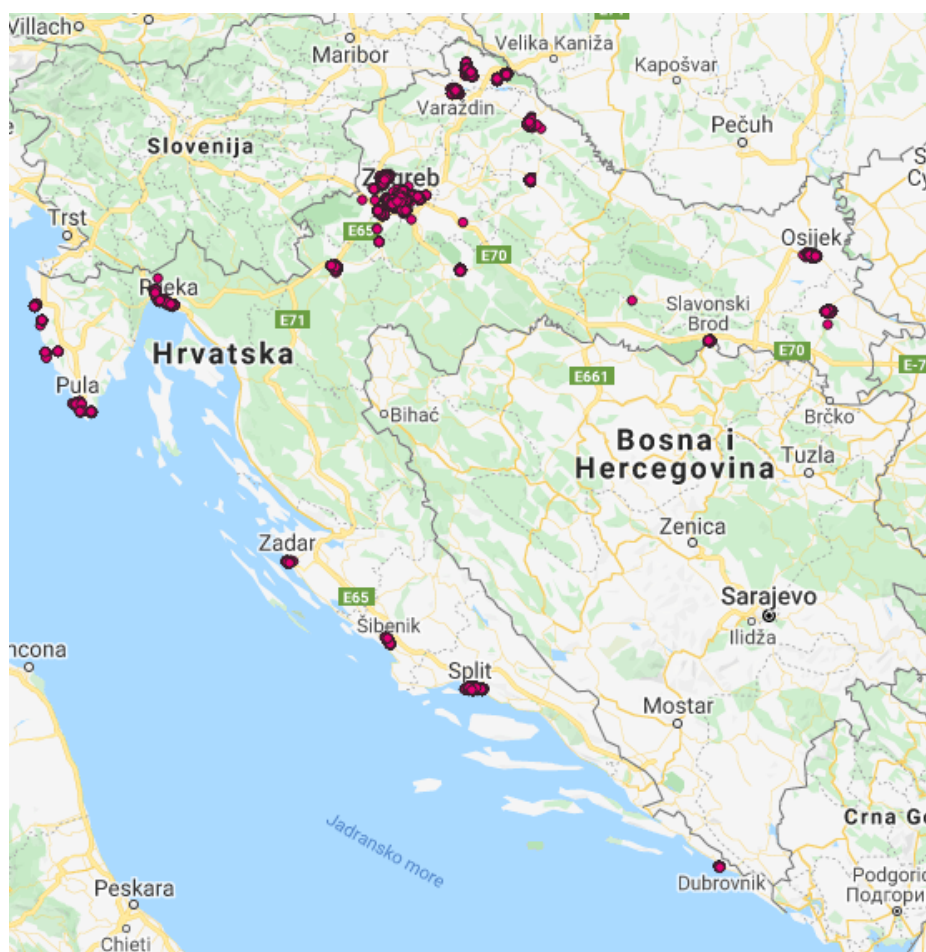
Singapur je jedan od najboljih primjera pametnog grada. Plan zdravlja Healthcity Novena usmjeren je na razvoj otvorenih zelenih površina, podzemnih parkirališta, pješačkih staza i slično, čime se znatno utječe na zdravlje samih građana. Također, svaki građanin Singapura ima pravo na besplatno javno stanovanje, pri čemu upravna tijela ne integriraju "samo ključne principe velikodušnosti zajednice, izgradnju obiteljskih veza i rasne harmonije, već moraju razmotriti i pragmatične čimbenike potrebne za uključivo stanovanje poput financijskog planiranja, dodjele i osiguranja." (Pametni gradovi, bez dat.) Također, inicijativa "Walk Cycle Ride" nudi svojim građanima mobilnost, rekreaciju, a pritom i smanjuje zagađenje te promiče održivu uporabu energije kroz prikladan i isplativ gradski prijevoz te primjenom naprednih tehnologija u razvoju grada. Kako Erceg navodi, svakih 5 godina Singapur izdaje detaljne planove o pametnom rastu s obzirom na mogućnosti i izazove u određenom vremenskom periodu, a kao rezultat toga, Singapur je, opremljen ICT tehnologijom (engl. *Information and Communications Technology*), već iznimno napredan grad. (43)

6. 5G mreža u Republici Hrvatskoj

Odluka o implementaciji pete generacije mobilnih mreža na području Republike Hrvatske donesena je u siječnju 2018. godine, a prvo testiranje odvijalo se u Samoboru, u ožujku 2019. godine. U siječnju 2020. godine, sjedište predsjedavanja EU, koje se tada nalazilo u Zagrebu, bilo je pokriveno 5G signalom, iako je prva komercijalna 5G mreža po prvi put u Republici Hrvatskoj bila puštena u listopadu 2020. godine u Osijeku, od strane Hrvatskog Telekom, kao što navode na svojim stranicama.

6.1. Pokrivenost 5G mrežom u Republici Hrvatskoj

Slika 9. prikazuje trenutnu pokrivenost 5G mrežom u Republici Hrvatskoj. Hrvatski Telekom jedini je teleoperater za sada koji pruža usluge korištenja 5G mobilnom mrežom, a pokrivenost se neprekidno širi.



Slika 9. Pokrivenost 5G mreže u Republici Hrvatskoj. (Hrvatski Telekom d.d., 2021)

Iako je 5G mreža još novost u Hrvatskoj, u svibnju 2021. godine 5G mreža dostupna je u 45 hrvatskih gradova te je mogu koristiti 1.7 milijuna stanovnika. Roze točkice na karti ukazuju na to kako najveću pokrivenost očekivano imaju najveći gradovi, kao što su Zagreb, Split, Osijek, Rijeka, Pula, Zadar, Šibenik, Dubrovnik, Varaždin i Čakovec. Dostupna je i u manjim gradovima kao što su Zaprešić, Samobor, Karlovac, Sisak, Koprivnica, Vinkovci, Slavonski Brod, Požega, Poreč i Rovinj. Iako je pokrivenost u Zagrebu najveća, neki kvartovi kao što su Dubrava, Rudeš i Jankomir još uvijek nisu toliko pokriveni 5G signalom.

Hrvatski Telekom d.d. na svojim stranicama navodi da je u ožujku 2021. godine, dva mjeseca ranije, peta generacija mobilnih mreža bila dostupna u 34 hrvatska grada, čak 11 manje, a u prosincu 2020. godine u samo 17 gradova. Ovaj napredak prikazuje kojom se brzinom 5G mrežu pokušava postaviti dostupnom što većem broju korisnika. Osim toga, tvrde kako prilikom implementacije mobilne mreže vode računa da utjecaj tehnologije na okoliš i ljude bude minimalan, koristeći opremu koja je u skladu sa svim propisanim standardima, s obzirom na ograničenja utjecaja na okoliš, koje je hrvatsko zakonodavstvo propisalo, te koja su značajno stroža od onih koje je propisala direktiva Europske Unije. Također, neovisne stručne institucije periodično provode mjerenja mogućih utjecaja na okoliš kako bi se u svakom trenutku očuvala sigurnost okoliša i ljudi. (Hrvatski Telekom d.d.)

6.2. Primjeri implementacije 5G mreže u Republici Hrvatskoj

Kao što je spomenuto ranije, razvojem samih mobilnih mreža, stvaraju se i pametniji uređaji, pa i čitavi pametni gradovi. Energetska učinkovitost bitan je faktor u očuvanju okoliša, pod čime se podrazumijevaju pametna rasvjeta, smanjenje zagušenja prometa i zraka. Mrvoš navodi da pametni gradovi mogu obuhvaćati i bežični pristup internetu, senzore za mjerenje zraka i atmosferske situacije, a svakako i rješenje za izazove koji dolaze s otpadom, rješenja odvajanja i recikliranja pomoću pametnih spremnika i sl. „Čakovec je tako, na primjer, prvi grad u Hrvatskoj koji se može pohvaliti pametnom rasvjetom (800.000 kn iz EU fondova), a Pula je još 2008. godine uvela u svoje poslovanje e-upravu, dok je Grad Zagreb proveo energetsku obnovu društvenih objekata te nekoliko projekata koji se tiču održivog prijevoza.“ (Paliaga, 574) S obzirom na velik broj turista u Dubrovniku za vrijeme turističke

sezone, grad Dubrovnik uveo je sustav pametnih spremnika za otpad, koji obavještavaju radnike Čistoće e-porukama o popunjenosti spremnika, kako bi olakšao njihov posao a i održao grad čistim, te samim time poboljšao kvalitetu života u tom gradu. Sustav se koristi GPS tehnologijom i posebnim računalnim programima kako bi se informacije prenosile u realnom vremenu. (Paliaga, 575)

Grad Rijeka jedan je od naših najpametnijih gradova, koji teži stalnom napretku, što potvrđuje i činjenica da je u sklopu dvogodišnjeg projekta Europske komisije Rijeka bila izabrana kao jedan od 10 gradova-mentora kako bi pomogla drugim gradovima sa svojim iskustvom i rješenjima da postanu pametni gradovi. Svim jedinicama lokalne samouprave mogu se koristiti nacionalnim platformama, a i preporuča se međusobno povezivanje i dijeljenje iskustava između gradova kako bi se smanjili troškovi. Rijeka također želi povećati broj svojih pametnih semafora i brojača prometa, te riješiti problem parkinga pomoću pametnih sustava parkiranja koji daju precizne podatke o slobodnim parkirnim mjestima. (Mrvoš)

Nadalje, mobilna aplikacija Smart Rovinj odličan je primjer pametnog grada koji u svoje odluke uključuje i same građane, kako bi postojala bolja komunikacija sa samim odgovornim institucijama grada. Kako navode na svojoj stranici, „cilj projekta jest riješiti specifične probleme zajednice, doprinijeti poboljšanju kvalitete života građana i unapređenje rada gradskih institucija i organizacija“. (Smart Rovinj, 2021) Građanima Rovinja na taj način omogućeno je slanje prijedloga te prijavljivanje problema s kojima se potencijalno susreću na području grada. Nakon što ih uslikaju i opišu, svoje ideje i prijedloge mogu pregledavati, a dobivaju i povratne informacije, kao što su tok rješavanja svakog od prijavljenog problema. Na taj način, prikazom statistika i izvještaja, osim što građani aktivno sudjeluju u kreiranju boljeg i pametnijeg grada, imaju uvid i u rad samih institucija. (Smart Rovinj, 2021)

Pametno praćenje potrošnje energenata, u koje spadaju struja, toplinska energija, plin i voda, pridonosi očuvanju okoliša te većoj uštedi. Vrbovec je već implementirao praćenje potrošnje plina, a Vukovar se može pohvaliti pametnim parkingom. A1 Hrvatska i grad Velika Gorica postavili su stanicu za praćenje kvalitete zraka kao pilot projekt. A1 Hrvatska također donosi „pametne spremnike za unutarnje i vanjske prostore s ugrađenom telemetrijom i prešom te pametni spremnik baziran na umjetnoj inteligenciji i strojnom učenju“, kako navodi Mrvoš. Osim standardnih usluga koje A1 Hrvatska pruža kao teleoperater, smještajnim objektima kao što su hoteli, kampovi i

resorti također može omogućiti i pametne hotelske brave, koje se mogu otključavati i zaključavati putem mobilne aplikacije.

HAKOM, Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti, na svojim stranicama navodi kako će svi građani Republike Hrvatske „moći imati jednako kvalitetan pristup internetu jer će 5G omogućiti širokopojasni pristup udaljenim korisnicima na područjima do kojih nije moguće ili nije komercijalno isplativo fizički dovesti svjetlovodnu infrastrukturu.“ Iako na području Republike Hrvatske još nemaju svi pristup 5G mreži, razvoj infrastrukture provodi se svakim danom, te se pokrivenost širi, zajedno s brojem inovacija i napretka u različitim industrijama, kojima 5G mreža daje nove mogućnosti poslovanja.

7. Zaključak

Peta generacija mobilnih mreža tehnologija je koja je nužna za napredak ljudskih života, procesa i aktivnosti općenito. Donosi nam rješenja za izazove koje prošle generacije ne mogu riješiti, kao što je prenapučenost mreže kako se broj uređaja povezanih na Internet neprekidno povećava. Osim toga, donosi nam mogućnosti koje naše svakodnevne poslove i aktivnosti čini lakšima te povećava kvalitetu života. Zahtjevi korisnika za većim brzinama, informacijama „ovdje i sada“ s minimalnim kašnjenjem razlozi su zbog kojih je nova tehnologija nužna. 5G mreža služi kao aspekt koji pomaže u napredovanju mnogih industrija, kao što su naprimjer zdravstvo, poljoprivreda i školstvo. Na čitavu ekonomiju pozitivan utjecaj imaju mnoštvo pametnih uređaja povezanih na mrežu, što je poznato pod nazivom Internet stvari. Pametni auti, hladnjaci, kante za otpad, senzori za parkiranje u gradovima i velik broj ostalih pametnih uređaja mijenjaju naše navike, te imaju velik utjecaj na čitavu ekonomiju, čineći pametne gradove, kojima je cilj biti što više samoodrživ, donositi pametne odluke, te riješiti probleme poput parkinga, zagušenosti prometa ili odvoza otpada. Iako se arhitektura same mreže razlikuje od onih prošlih generacija, neki aspekti korišteni su i ranije. S druge strane, noviteti u tehnologiji detaljno su mnogo puta testirani kako bi se utvrdilo da su veće frekvencije, arhitektura mreže i odašiljači najnovije generacije sigurni za ljudsko zdravlje i živote, unatoč različitim mišljenjima. Iako svjetske sile poput Kine, SAD-a ili Japana predvode u implementaciji novih tehnologija, Republika Hrvatska se može pohvaliti s pametnim gradovima koji već služe primjer drugima u postizanju cilja pametnog grada, implementirajući 5G mrežu u sve veće, pa i neke manje gradove, sa stalnom težnjom za postizanjem još boljih rezultata.

Literatura

1. BMW Glass (Slika 6.) (2018) *ADAS Sensor Calibration*. Preuzeto 21.6.2021. s <https://bmwglass.com/details/f/adas-sensor-calibration-425578c823be>
2. Ćosić, K. (2018). *Prvi poziv preko mobitela: 3. travnja 1973*. Preuzeto 5.6.2021. s https://www.portofon.com/muzej_mobitela/prvi-poziv-mobitela-3-travnja-1973
3. Erceg, T. (2019). PRIMJERI DOBRE PRAKSE KAO TEMELJ ZA RAZVOJ GRADA SPLITA KAO PAMETNOG GRADA: Diplomski rad (Diplomski rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:124:035991>
4. *Evolution of Mobile generation from 1G to 6G* (2021). Preuzeto 5.6.2021. s <https://5glearning.org/evolution-of-mobile-generation-from-1g-to-6g/>
5. Filipović, F. (2020). *Pregled i analiza komunikacijskih tehnologija u 5G pokretnim mrežama* (Završni rad). Preuzeto 15.6.2021. s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:631160>
6. GSM Arena. (Slika 2.) (bez dat.) *Apple Iphone*. sli https://www.gsmarena.com/apple_iphone-1827.php
7. HAKOM (2021). *5G mreža*. Preuzeto 5.7.2021. s <https://www.hakom.hr/hr/5g-mreza/60>
8. Hasanagić, S. (2016). *Tehnologije internet stvari* (Završni rad). Preuzeto 5.7.2021. s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:105349>
9. Hrvatski Telekom d.d. (2021). *5G*. Preuzeto 5.6.2021. s <https://www.hrvatskitelekom.hr/5g>
10. Livaja, I. i Klarin, Z. (2020). *Utjecaj 5G mreže na Internet stvari*. Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, 14 (1-2/2020), 155-169. Preuzeto 15.6.2021. s <https://hrcak.srce.hr/241620>
11. MCA (Slika 5.) (2016). *Internet of Things – future trends*. Preuzeto 21.6.2021. s <https://www.mca.org.uk/updates/internet-of-things-future-trends>
12. Mrvoš, V. (2021). *Rijeka kao najPametniji grad u Hrvatskoj želi biti još pametniji*. Preuzeto 17.6.2021. s <https://www.novilist.hr/ostalo/promo/rijeka-kao-najpametniji-grad-u-hrvatskoj-zeli-biti-jos-pametniji/>

13. Nacionalni CERT (2010). *Sigurnost mobilnih mreža*. Preuzeto 5.6.2021. s <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-06-303.pdf>
14. Opačak, M. (2019). *Prilike i prijetnje 5G mobilne mreže u Republici Hrvatskoj: Završni rad* (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:124:065503>
15. Paliaga, M. i Oliva, E. (2018). *Trendovi u primjeni koncepata pametnih gradova. Ekonomska misao i praksa*, (2), 565-583. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/213314>
16. Pametni gradovi (2020). *3 razloga zbog kojih je Singapur najpametniji grad na svijetu*. Preuzeto 28.6.2021. s <https://pametni-gradovi.eu/sastavnice-pametnog-grada/smart-projekti-gradovi/3-razloga-zbog-kojih-je-singapur-najpametniji-grad-na-svijetu/>
17. Pisarov, J. (2020). *5G i samovozeći automobili. Proceedings of the XXVI Skup Trendovi razvoja: "Inovacije u modernom obrazovanju"* (TREND 2020), 391-394.
18. Sertić, M. (2019). *Analiza i usporedba 5G mreže s tehnologijama mobilnih mreža ranijih generacija* (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:240640>
19. Smart Rovinj (2021). Preuzeto 23.6.2021. s <http://www.smartrovinj.com/>
20. Stanić, A. (2019). *Uloga telekom organizacija u razvoju pametnih gradova* (Doctoral dissertation, Karlovac University of Applied Sciences. Business Department.).
21. Vujović, V., Maksimović, M., Balotić, G., & Mlinarević, P. (2015). *Internet stvari – tehnički i ekonomski aspekti primjene. Elektrotehnički fakultet u Sarajevu i Ekonomski fakultet u Sarajevu, BiH*.
22. Qorvo (Slika 3.) (2017). *Small Cell Networks and the Evolution of 5G*. Preuzeto 15.6.2021. s <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/small-cell-networks-and-the-evolution-of-5g>. QORVO
23. *5G karta pokrivenosti širom svijeta* (Slika 8.) (2021). U nPerf. Preuzeto 9.6.2021. <https://www.nperf.com/en/map/5g>

Popis slika

Slika 1. Razvoj mobilnih mreža. ("Evolution of Mobile generation from 1G to 6G", 2021).....	2
Slika 2. Iphone prve generacije. (GSM Arena, bez dat.).....	4
Slika 3. Makro, mikro i piko bazne stanice. (Qorvo, 2017).....	8
Slika 4. Ograničenja EMP-a u europskim zemljama s obzirom na preporuke Europske Unije (HAKOM, bez dat.).....	11
Slika 5. Internet stvari i njihova povezanost. (MCA, 2016).....	13
Slika 6. Pametan automobil. (BMW Glass, 2018).....	16
Slika 7. Umreženost i povezanost pametnog grada. (Novi List, 2021).....	18
Slika 8. 5G karta pokrivenosti širom svijeta (nPerf, 2021.)	22
Slika 9. Pokrivenost 5G mreže u Republici Hrvatskoj. (Hrvatski Telekom d.d., 2021)	24

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz prednosti, nedostataka i značajki mobilnih generacija. (Sertić, 31) 5

Tablica 2. Neki od značajnijih zahtjeva IMT-2020 standarda. (Filipović, 5) 9

Peta generacija mobilnih mreža

Sažetak

U radu će se prikazati razvoj mobilnih mreža, njihova arhitektura, funkcionalnosti i mogućnosti korištenja, pri čemu će fokusirati na najnoviju, petu generaciju. Opisat će se razvoj mobilnih mreža kroz vrijeme, s ciljem da se prikažu razlike i prednosti u odnosu na prethodne generacije. Analizirat će se prednosti pete generacije, kako za krajnje korisnike, tako i za pružatelje usluga. Prikazat će se i istražiti trenutna pokrivenost 5G mrežom na području Republike Hrvatske te planirani daljnji razvoj. Glavni cilj rada je prikazati kako su se mobilne mreže razvile do sada i što nam sve omogućuje zadnja, peta generacija mobilnih mreža.

Ključne riječi: 5G mreža, peta generacija mobilnih mreža, internet stvari

5th generation of mobile networks

Summary

This piece of work describes the development of mobile networks, its' architecture, functionality and possibilities of use, while the highlight is most recent, fifth generation. Development of mobile networks through time is described, in order to present differences and advantages of this generation in comparison to previous ones. Advantages of the fifth generations are analyzed, not only for eventual users, but also for service providers. Coverage of 5G technology on the territory of Republic of Croatia is presented and examined in this work, as well as planned further development. The main goal of this piece of work is to show the evolution of mobile networks up until now and the possibilities that the latest, fifth generation of mobile networks provides.

Key words: 5G technology, fifth generation of mobile networks, internet of things