

RAZVOJ APLIKACIJE ZA MJERENJE RADIJSKIH PARAMETARA MOBILNE MREŽE

DEVELOPMENT OF THE APPLICATION FOR MEASURING THE RADIO PARAMETERS OF THE MOBILE NETWORK

Ivan Črnjak, Antonio Milde, Sanja Morić, Mladen Sokele

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Konavoska ulica 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu u sklopu kolegija *Zaštita okoliša i kvaliteta života, Mobilne komunikacijske mreže* te internog projekta *ICT zelene rute za rekreaciju u gradu Zagrebu* razvijena je mobilna aplikacija za mjerenje radijskih parametara mobilne mreže uz bilježenje pripadnih geografskih koordinata i trenutnog vremena mjerenja. Aplikacija je izrađena kao podrška u planiranju i provođenju rekreativnih šetnji, edukaciju studenata kroz permanentni razvoj aplikacije i primjene u nastavi. Mjerenje radijskih parametara mreže provodi se kroz indikatore bitne za kvalitetan prijenos podataka između bazne postaje i korisnika (snaga signala, kvaliteta signala, odnos signala naprema šumu i sl.). U svrhu ispitivanja funkcionalnosti razvijene aplikacije, provedena je analiza vezana uz pokrivenost mobilnom mrežom na cestovnoj ruti Zagreb zapad – Velika Gorica.

Ključne riječi: *Android aplikacija, kvaliteta pristupne mobilne mreže, analiza mjernih rezultata, ICT podržane zelene rute, korisničko iskustvo*

ABSTRACT

At Zagreb University of Applied Sciences, as a part of the courses Protection of the Environment and the Quality of Life, Mobile Communication Networks and the internal project ICT green routes for recreation in Zagreb, a mobile application was developed for measuring the radio parameters of the mobile network while recording the corresponding geographic coordinates and the current measurement time. The application was created as a support in planning and conducting

recreational walks, education of students through permanent development of the application and for teaching purposes. The measurement of the radio parameters of the network is carried out through indicators essential for high-quality data transmission between the base station and the users (signal strength, signal quality, signal-to-noise ratio, etc.). In order to test the functionality of the developed application, an analysis was carried out related to the coverage of the mobile network on the road route Zagreb west - Velika Gorica.

Keywords: *Android application, quality of access mobile network, analysis of measurement results, ICT supported green routes, user experience*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Živimo u svijetu u kojem tehnološki napredak i brz razvoj mobilnih uređaja i druge pametne tehnologije mijenjaju način na koji komuniciramo, radimo i živimo. U tom svijetu, brza i pouzdana mobilna mreža je temelj za funkcioniranje modernog društva te su mobilne mreže danas neizostavni dio naših svakodnevnih života, a njihova kvaliteta je od ključne važnosti za pravilan rad mnogih aplikacija i ICT usluga. Evolucija mobilnih mreža svakako donosi nove mogućnosti u području mobilne komunikacije i općenito ICT usluga, ali istovremeno i izazove u pogledu integracije i standardizacije, digitalne sigurnosti i privatnosti, ali i svjesnost o štetnosti i zdravstvenim rizicima elektromagnetnog zračenja.

U sklopu projektne nastave na Stručnom diplomskom studiju elektrotehnike Tehničkog

veleučilišta u Zagrebu (TVZ):

- Seminarski rad iz kolegija *Zaštita okoliša i kvaliteta života* (svjesnost o elektromagnetskom zračenju, dostupnost signala za hitne slučajeve, dostupnost interneta za *infotainment* sadržaje i sl.)
- Konstrukcijski rad iz kolegija *Mobilne komunikacijske mreže* (obrada mjernih podataka o radijskim parametrima mobilne mreže, njihova analiza, tehničko dokumentiranje i prezentacija)

razvijena je mobilna aplikacija za mjerenje radijskih parametara mobilne mreže uz bilježenje pripadnih geografskih koordinata i trenutnog vremena.

Rezultati navedenih aktivnosti imaju primjenu u istraživanjima internog projekta *ICT zelene rute za rekreaciju u gradu Zagrebu* (individualizirane šetnje ili u manjim grupama kojima je osigurano zamjensko vodstvo i informiranje o sadržaju duž ruta putem raznih vidova ICT podrške). Naime, u okviru projekta, nastavnici i studenti TVZ-a kroz interdisciplinarnu aktivnost nastoje povezati zeleno i digitalno [1], kao odgovor na potrebe današnjeg čovjeka za svjesnom i uključivom rekreacijom uz digitalno podržano mapiranje poučnih interaktivnih zelenih ruta po uzoru na *Jane's Walk* šetnje u Zagrebu [2], a koje osim motiviranja pojedinaca za fizičkom aktivnošću, mogu biti i dopuna ponudi održivog i pristupačnog turizma grada Zagreba [3], uz moguću replikaciju i na ostale urbane sredine.

Povećana svijest o potrebi za kretanjem izuzetno je važna za dobrobit čovjeka, posebice u kriznim vremenima kakvo je npr. bilo vrijeme pandemije, naročito u urbanim sredinama i s obzirom na izazove rastućih trendova urbanizacije, starenja stanovništva i klimatskih promjena. Ovi izazovi naglašavaju potrebu za razumijevanjem kako naše urbane sredine mogu podnijeti starenje populacije, ali na održiv način koji promiče bolje zdravlje i dobrobit u kasnijem životu. Demografski pomak prema migracijama ljudi svih dobi, u urbana središta, primarni je pokretač multinacionalnih napora da se olakša globalno zdravstveno opterećenje [4].

Zelena infrastruktura ima znanstveno dokazan pozitivan utjecaj na psihofizičko zdravlje i kvalitetu

života ljudi [5]. Dodatno, ICT podrška u zelenim rješenjima ostvaruje potrebe suvremenog čovjeka, usko povezanog s digitalnom tehnologijom koja omogućava informiranje, mjerenje i praćenje učinka aktivnosti. S obzirom na to da trenutno 75 % europskog i 58 % hrvatskog stanovništva živi u urbanim područjima, ključnu ulogu u rješavanju razvojnih izazova kao što su klimatske promjene i učinkovito korištenje resursa može biti stvaranje, očuvanje i upravljanje zelenom infrastrukturom u urbanim područjima za što ICT podrška daje rješenja [6].

U nastavku su dani razvojni ciljevi koji su postavljeni za prvu fazu izrade aplikacije. U poglavlju 2., opisani su korišteni materijali i metode korištene za prikupljanje mjernih rezultata, razvoj aplikacije i ispitivanje aplikacije. Rezultati mjerenja i ispitivanja mogućnosti aplikacije prikazani su u 3. poglavlju na primjeru mjerenja radijskih parametara mobilne mreže i geografskih koordinata uz cestovnu rutu.

1.1. RAZVOJNI CILJEVI

1.1. DEVELOPMENT GOALS

Na TVZ-u se od 2017. godine koristi komercijalni programski paket *Nemo* [7] s ograničenim brojem licenci za mjerenje radijskih parametara mobilne mreže:

- *Nemo Handy* - Android aplikacija koja se koristi za mjerenje zračnog sučelja i kvalitete korisničkog iskustva na mobilnim uređajima;
- *Nemo Outdoor* - Windows program za prikaz i obradu rezultata mjerenja na osobnim računalima.

Postojeće besplatne aplikacije za mjerenja zračnog sučelja mobilnih mreža imaju svoje nedostatke, ali i „svjesno“ ugrađena ograničenja. Aplikacija *G-MoN Pro* [8] svoj puni potencijal ostvaruje tek kad je u nju učitana baza podataka o lokacijama baznih stanica. Net Monitor [9] aplikacija u besplatnoj inačici zahtijeva dugotrajno namještanje postavki ovisno o uređaju kojim se mjeri i izvedbu brojnih testnih mjerenja kako bi se ispitalo jesu li postavke aplikacije dobro namještene. Aplikacija *RF Mobile Trace* [10] ima i web korisničko sučelje na kojem je moguće prikazati rezultate mjerenja na kartama, ali je datoteka s mjernim rezultatima nepraktična za daljnju obradu.

S obzirom na navedeno, odlučeno je razviti vlastitu mobilnu aplikaciju otvorenu za daljnja proširenja tako da je svaki student može koristiti za laboratorijske vježbe i učenje, ali i sudjelovati u njenom permanentnom razvoju u okviru završnih i diplomskih radova.

Postavljeni su sljedeći ciljevi za prvu fazu razvoja aplikacije:

1. Mjerenja i pohrana geografskih koordinata (dužine, širine i visine) na mjernoj ruti
2. Mjerenja i pohrana ćelijskih i radijskih parametara mobilne mreže
3. Pohrana podataka o vremenskom trenutku kada su mjerenja pod 1. i 2. provedena
4. Jednostavno korisničko sučelje
5. Mogućnost prenošenja mjernih rezultata (pod 1., 2. i 3.) s mobilnog uređaja na računalo u svrhu kasnije analize.

Tako aplikacija već po realizaciji prve faze razvoja postaje standardni laboratorijski instrument koji je dostupan studentima i nastavnicima izvan termina održavanja laboratorijskih vježbi. Budući da je kôd aplikacije rezultat vlastitog razvoja, moguće su brze i jednostavne izmjene odnosno nadogradnje. Izlazna datoteka s mjernim rezultatima prilagođena je formatu s kojim su studenti navikli raditi i omogućuje analizu i prikaz osnovnih parametara koji su ključni za razumijevanje kvalitete zračnog sučelja mobilne mreže i kvalitete korisničkog iskustva.

2. MATERIJALI I METODE

2. MATERIALS AND METHODS

Kako bi se ispunili zadani ciljevi u prvoj fazi razvoja, potrebno je prikupiti relevantnu dokumentaciju, odabrati optimalno programsko razvojno okruženje te pronaći već definirane funkcije koje se mogu koristiti pri izradi aplikacije i istražiti način njihove primjene [11].

U nastavku poglavlja, opisani su principi mjerenja geografskih koordinata, vremena i radijskih parametara mobilne mreže te metode izrade programske podrške u odabranom razvojnom okruženju.

2.1. MJERENJE GEOGRAFSKIH KOORDINATA

2.1. MEASUREMENT OF GEOGRAPHIC COORDINATES

Aplikacija koristi geografske podatke koje mjeri mobilni uređaj kada je uključena opcija lokacija u Android postavkama. Geografske koordinate moguće je dobiti preko GPS-a ili preko mobilne mreže kroz proces triangulacije. Navedeni podaci su nužni za rad aplikacije kako bi se moglo napraviti pridruživanje mjernih rezultata s lokacijom mobilnog uređaja kojim se provodi mjerenje. Općenito, geografske koordinate važne su i za kasniji razvoj aplikacije, na primjer za mapiranje ruta i procjenu njihove težine što je posebno važno za ICT podržane rekreacijske rute jer s podatkom o vremenu može se pratiti razina aktivnosti šetača.

Geografske koordinate koje aplikacija pohranjuje uz vrijeme mjerenja su:

- Geografska širina (eng. *Latitude*) u decimalnim stupnjevima,
- Geografska dužina (eng. *Longitude*) u decimalnim stupnjevima i
- Nadmorska visina (eng. *Altitude*) u metrima.

2.2. RADIJSKI PARAMETRI

2.2. RADIO PARAMETERS

Prema razvojnim ciljevima, u tehničkom smislu aplikacija treba mjeriti, pratiti i pohranjivati vrijednosti sljedećih radijskih parametara mobilne mreže [12]:

RSRP (eng. *Reference Signal Received Power*) definirana je kao linearni prosjek preko doprinosa snage elementa resursa koji nose referentne signale specifične za ćeliju unutar razmatranog opsega frekvencije mjerenja.

RSRQ (eng. *Reference Signal Received Quality*) definira se kao omjer (1) gdje je N broj blokova resursa širine pojasa mjerenja RSSI nositelja:

$$RSRQ = \frac{N \cdot RSRP}{RSSI} \quad (1)$$

Mjerenja u brojniku i nazivniku provode se na istom skupu blokova resursa.

RSSI (eng. *Reference Signal Strength Indicator*) je parametar koji daje informacije o ukupnoj primljenoj širokopojasnoj snazi (mjeri se u svim simbolima) uključujući sve smetnje i toplinski šum.

SNR (eng. *Signal Noise Ratio*) je omjer razine primljenog signala i snage šuma. Koristi se za bolje izražavanje odnosa između radijskih uvjeta i propusnosti. Omjer veći od 0 dB označava veću razinu signala nego šuma, dok omjer manji od 0 dB označava veću razinu šuma nego signala.

CQI (eng. *Channel Quality Indicator*) je izražen kao brzina prijenosa podataka koju korisnička oprema može podržati u stvarnim radio uvjetima. SNR se koristi za računanje CQI-a. U LTE-u CQI ima samo 15 kodova.

Modulacija (eng. *Modulation*) je proces pomoću kojega se prenose različite informacije i podatci. LTE mobilna mreža koristi modulacijsku shemu ortogonalnog frekvencijskog multipleksa (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiplex*), koji omogućuje veću učinkovitost za postizanje visokih brzina prijenosa podataka, ali dopušta da i više korisnika dijeli kanal. Parametar može poprimiti vrijednost QPSK, 16-QAM ili 64-QAM te se računa iz vrijednosti CQI.

Paketna tehnologija (eng. *Packet Technology*) je parametar pomoću kojega je moguće pratiti tehnologiju prijenosa podataka između bazne stanice i korisničkog uređaja. Parametar može poprimiti vrijednost LTE CA (eng. *Long-Term Evolution Carrier Aggregation*), LTE FDD (eng. *Long-Term Evolution Frequency-Division Duplexing*) ili LTE TDD (eng. *Long-Term Evolution Time-Division Duplexing*) odnosno u sljedećim fazama razvoja aplikacije odgovarajuće vrijednosti za 5G mobilnu mrežu [13].

2.3. RAZVOJNO OKRUŽENJE APLIKACIJE

2.3. APPLICATION DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Za razvoj aplikacije i testiranje koristio se Android uređaj Samsung Galaxy A71 koji podržava korištenje mobilnih tehnologija GSM, HSPA i LTE. Računalo za programiranje koristi Windows 11 operativni sustav te programsko okruženje *IntelliJ*

IDEA. Programski kod napisan je u objektno orijentiranom jeziku Java, a za programiranje je korišten Android komplet za razvoj softvera SDK (eng. *Software Development Kit*).

S obzirom na to da postoji nekoliko verzija Android operativnog sustava koje podržavaju različita sučelja za programiranje aplikacija API (eng. *Application Programming Interface*) bilo je potrebno odrediti minimalnu verziju Android API-a koja će se koristiti. U Tablici 1. nalaze se verzije Android operativnog sustava s nazivom i godinom izdanja.

Tablica 1 Verzije Android operacijskog sustava s obzirom na API [11]

Table 1 Android operating system versions with regard to the API [11]

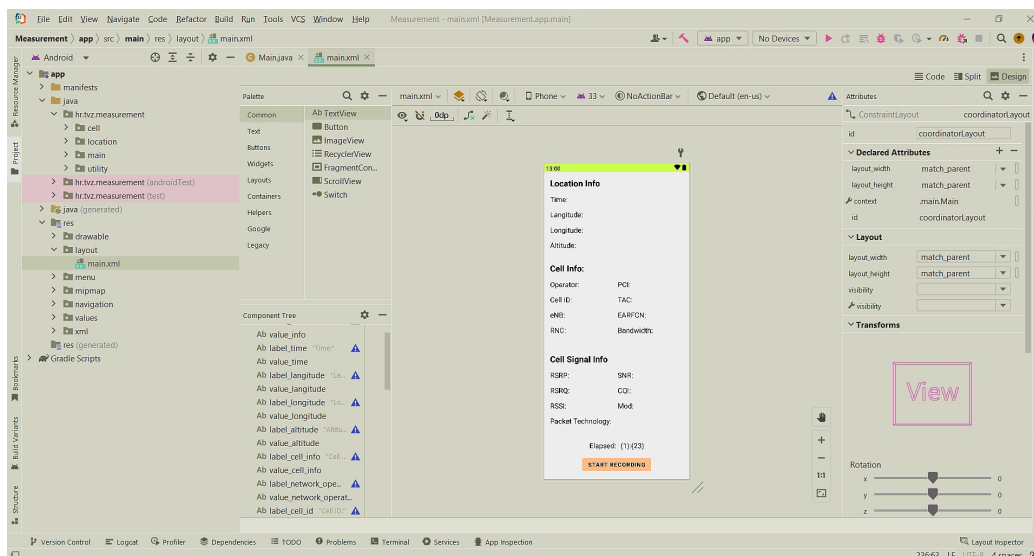
Android verzija	Naziv	API	Godina
10	Quince Tart	29	2019
11	Red Velvet Cake	30	2020
12	Snow Cone	31	2021
12		32	2022
13	Tiramisu	33	2022

Najnoviju verziju Android-a poznatu kao *Tiramisu* i API sučelje 33 trenutno koristi oko 5,2% uređaja. Stoga je minimalna verzija postavljena kao *Quince Tart* to jest API 29 koju trenutno koristi oko 68,0 % uređaja kako bi se i stariji uređaji mogli koristiti aplikacijom.

Nakon odabira verzije koja zadovoljava postavljene uvjete počeo je razvoj i dizajniranje aplikacije u programskom razvojnom okruženju *IntelliJ IDEA*. Na Slici 1. prikazano je dizajniranje aplikacije u razvojnom okruženju.

Izrađena aplikacija u trenutnoj fazi omogućava mjerenja geografskih koordinata i mjerenje parametra zračnog sučelja LTE mobilne mreže. Dok se na zaslonu prikazuje trenutno vrijeme, geografske koordinate, informacije o ćeliji na koju je uređaj spojen te radijski parametri.

Mjerenja u aplikaciji automatski se provode nakon dodira tipke „Start“. Po završetku mjerenja nakon dodira tipke „Stop“ formira se datoteka mjerenja u .csv formatu i datoteka geografskih podataka u .gfx formatu te se pohranjuju u unutarnju



Slika 1 Prikaz dizajniranja aplikacije [14]

Figure 1 Design view of the application [14]

memoriju pametnog uređaja. Poshranjene datoteke su spremne za dalju analizu i obradu u programu Microsoft Excel.

Microsoft Excel je dio softverskog paketa Microsoft Office koju je razvila tvrtka Microsoft za operativne sustave Windows, macOS, Android i iOS. Ima osnovne značajke svih proračunskih tablica te ima mnogo funkcija koje zadovoljavaju statističke, inženjerske i financijske potrebe. Osim toga može prikazati podatke kao linijske grafikone, histograme i složene grafikone. U projektu služi za analizu podataka mjerenja te crtanja linijskih grafikona za lakše proučavanje parametra s obzirom na drugi parametar. Na Slici 2. prikazan je izgled datoteke .csv formata nakon učitavanja u program Excel.

U Tablici 2. navedene su granične vrijednosti

parametra koje su korištene u programu Microsoft Excel za analizu rezultata mjerenja po razredima i za računanje postotka vremena za koje su se vrijednosti mjerenih parametra nalazile u opsegu odlično, dobro, prihvatljivo i loše. Vrijednosti navedene u tablici proizašle su iz proučavanja dokumentacije Android developer.

3.REZULTATI

3. RESULTS

Izgled aplikacije s raspodjelom u tri odjeljka prikazan je na Slici 3.

U prvom odjeljku (crvenom bojom) prikazane su informacije o trenutnom vremenu, geografskoj širini, dužini i visini.

Time	Latitude	Longitude	Packet Technology	RSRP	RSRQ	RSSI	SNR	CQI
8:58:30	45,70953108	16,0717976	LTE CA	-90	-8	-59	24	15
8:58:30	45,70953108	16,0717976	LTE CA	-90	-8	-59	24	15
8:58:31	45,70953108	16,0717976	LTE CA	-90	-8	-59	24	15
8:58:31	45,70951712	16,07170041	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:32	45,70951712	16,07170041	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:32	45,70953366	16,07170554	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:33	45,70953366	16,07170554	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:34	45,70953573	16,07171968	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:34	45,70953573	16,07171968	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:35	45,70952517	16,07175071	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:35	45,70952517	16,07175071	LTE CA	-89	-7	-67	24	15
8:58:36	45,70953113	16,07177571	LTE CA	-91	-7	-67	24	15
8:58:36	45,70953113	16,07177571	LTE CA	-91	-7	-67	24	15
8:58:37	45,70953086	16,07179289	LTE CA	-91	-7	-67	24	15

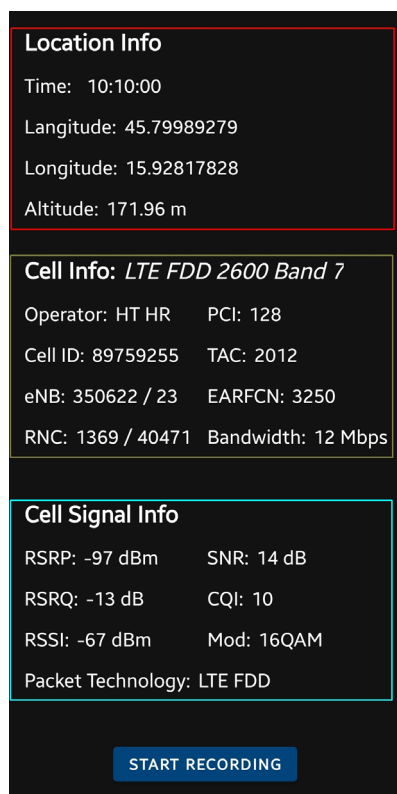
Slika 2 Prikaz podataka datoteke u .csv formatu u programu Microsoft Excel

Figure 2 Display of the file data in .csv format in Microsoft Excel

Parametar	Odlično	Dobro	Prihvatljivo	Loše
RSRP [dBm]	≥ -80	-80 do -90	-90 do -100	≤ -100
RSRQ [dB]	≥ -10	-10 do -15	-15 do -20	≤ -20
RSSI [dBm]	≥ -65	-65 do -75	-75 do -85	≤ -85
SNR [dB]	≥ 20	13 do 20	0 do 13	≤ 0

Tablica 2 Referentne vrijednosti mjerenih parametara [11]

Table 2 Reference values of measured parameters [11]



Slika 3 Izgled izrađene aplikacije

Figure 3 Appearance of the created application

U drugom odjeljku (zelenom bojom) prikazane su informacije o ćeliji koja poslužuje korisnika:

1. Frekvencijski pojas (eng. *Band*),
2. Mrežni operator (eng. *Operator*),
3. Identitet ćelije (Cell ID),
4. Identitet bazne stanice (eNB),
5. Identifikator upravljača radio mreže (RNC),
6. Fizički identitet ćelije (PCI),
7. Kod za praćenje područja (TAC),
8. Apsolutni broj radio-frekvencijskog kanala (EARFCN)
9. Širina pojasa (eng. *Bandwidth*)

U trećem odjeljku (plavom bojom) prikazani su radijski parametri ćelije koja poslužuje korisnika:

1. Priljena snaga referentnog signala (RSRP)
2. Kvaliteta primljenog referentnog signala (RSRQ)
3. Indikator jačine referentnog signala (RSSI)
4. Omjer signala i šuma (SNR)
5. Indikator kvalitete kanala (CQI)
6. Modulacija (Mod)
7. Paketna tehnologija (eng. *Packet Technology*)

3.1. REZULTATI MJERENJA RADIJSKIH PARAMETARA

3.1. RADIO PARAMETERS MEASUREMENT RESULTS

U svrhu ispitivanja funkcionalnosti razvijene aplikacije, provedena je analiza vezana uz pokrivenost 4G mobilnom mrežom na cestovnoj ruti Zagreb zapad – Velika Gorica (Slika 4.). Iako će aplikacija biti korištena uglavnom za pješačke ili biciklističke rekreacijske rute, mjerenja su provedena tijekom prigradske automobilske vožnje prosječnom brzinom 80 km/h kako bi se ispitale mogućnosti brzine prikupljanja podataka kao i samog rada aplikacije [15].



Slika 4 Ruta mjerenja

Figure 4 Measurement route

Rezultati mjerenja radijskih parametara prikazani su u tablicama koje sadrže srednje vrijednosti mjerenih parametara i raspodjelu parametara po razredima iz Tablice 2. U Tablici 3. prikazana je raspodjela u dijelu vremena s obzirom na ukupno vrijeme mjerenja, dok je u Tablici 4. prikazana raspodjela u postotku vremena s obzirom na ukupno vrijeme mjerenja.

Na ruti izmjerene vrijednosti parametra RSRP nalazi se većinom u rasponima *Dobro* i *Prihvatljivo*. Izmjerene vrijednosti parametar RSRQ nalazi se preko 93 % u rasponu *Odlično*. Izmjerene vrijednosti parametra RSSI nalaze se preko 98 % u rasponu *Odlično*. Izmjerene vrijednosti parametra SNR nalaze se većinom u rasponima *Odlično* i *Dobro*.

Na slikama parametara moguće je zamijetiti

izostanak signala oko 9:00:20 sati, što znači da u tom dijelu mobilni uređaj nije bio spojen na 4G mobilnu mrežu. Općenito, rezultati mjerenja pokazali su da je kvaliteta signala na mjernoj ruti bila dobra prema odličnoj, ali budući da postoji dio nepokriven 4G mobilnom mrežom to ukazuje na potrebu za unapređenjem pokrivenosti i kvalitete postojeće mobilne mreže.

Na Slici 5. prikazan je parametar RSRP, A - vrijednosti prema trenutku mjerenja i B - udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.

Na Slici 6. prikazan je parametar RSRQ, A - vrijednosti prema trenutku mjerenja i B - udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.

Na Slici 7. prikazan je parametar RSSI, A - vrijednosti prema trenutku mjerenja i B - udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.

Parametar	Prosjek	Odlično	Dobro	Prihvatljivo	Loše
RSRP [dBm]	-94,71	0:04:52	0:12:16	0:08:30	0:04:23
RSRQ [dB]	-9,00	0:28:10	0:01:13	0:00:37	0:00:00
RSSI [dBm]	-67,28	0:29:36	0:00:24	0:00:00	0:00:00
SNR [dB]	-10,25	0:10:55	0:12:16	0:03:06	0:03:43

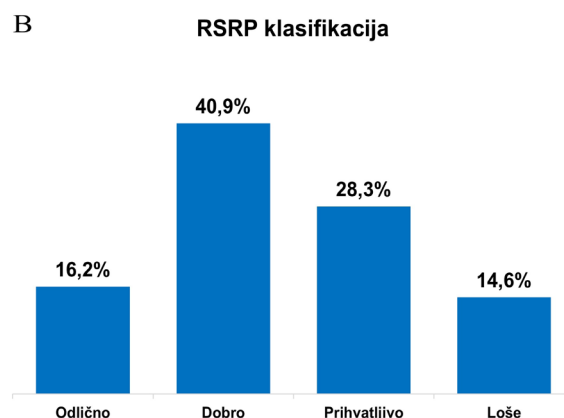
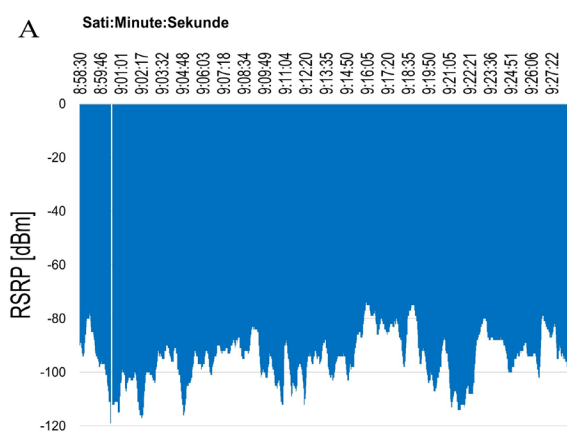
Tablica 3 Rezultati mjerenja u minutama i sekundama

Table 3 Measurement results in minutes and seconds

Parametar	Prosjek	Odlično	Dobro	Prihvatljivo	Loše
RSRP [dBm]	-94,71	16,21 %	40,87 %	28,33 %	14,59 %
RSRQ [dB]	-9,00	93,88 %	4,04 %	2,08 %	0,00 %
RSSI [dBm]	-67,28	98,65 %	1,35 %	0,00 %	0,00 %
SNR [dB]	-10,25	36,40 %	40,90 %	10,31 %	12,39 %

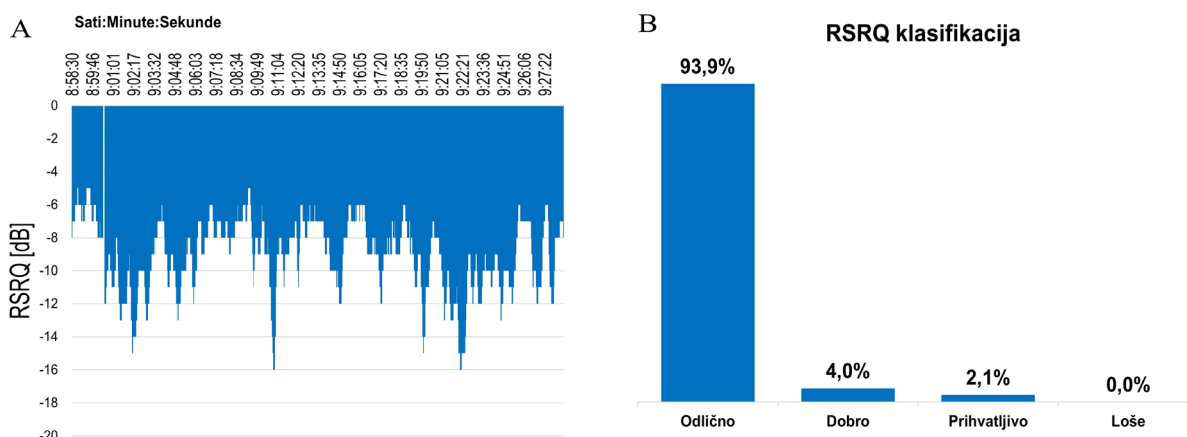
Tablica 4 Rezultati mjerenja u postotcima

Table 4 Measurement results in percentages



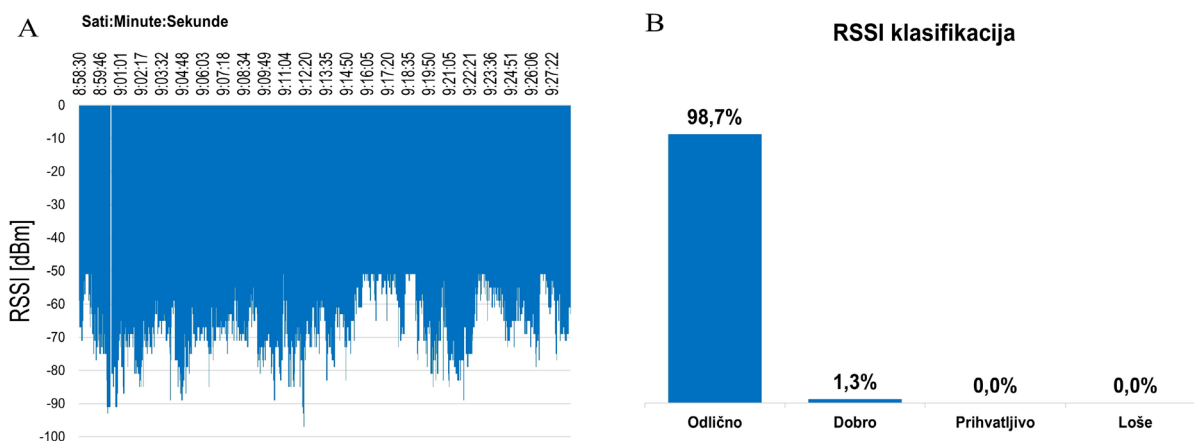
Slika 5 Grafički prikaz parametra RSRP: A – vrijednosti prema trenutku mjerenja; B – udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 5 Graphic display of RSRP parameter: A – values according to the moment of measurement; B – share with regard to the total duration of the measurement



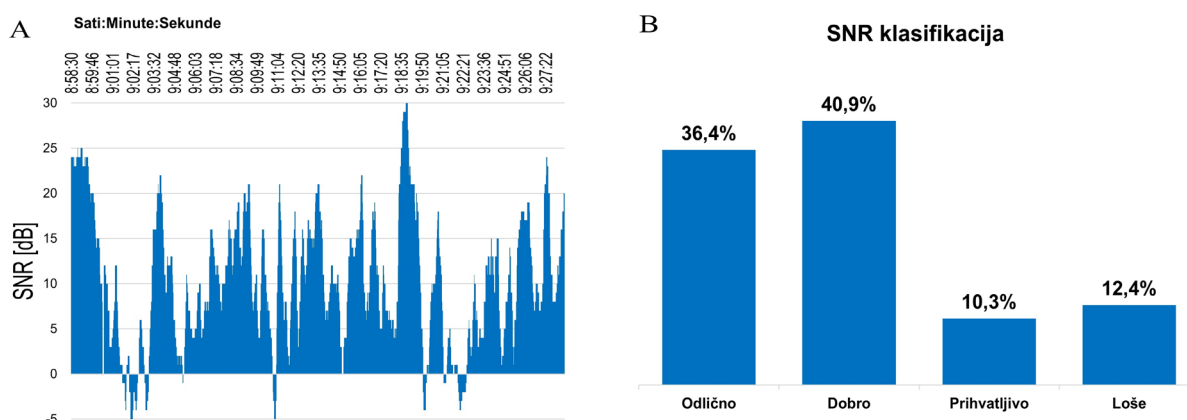
Slika 6 Grafički prikaz parametra RSRQ: A – vrijednosti prema trenutku mjerenja; B – udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 6 Graphic display of RSRQ parameter: A – values according to the moment of measurement; B – share with regard to the total duration of the measurement



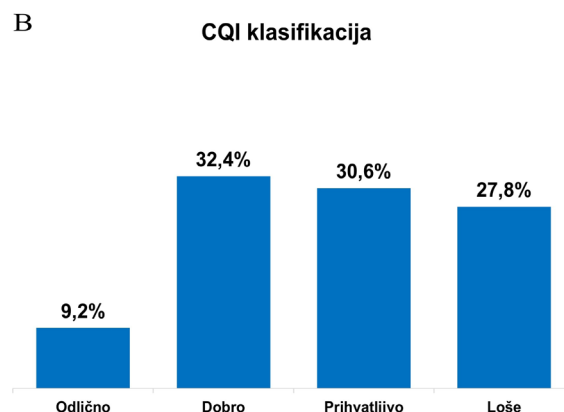
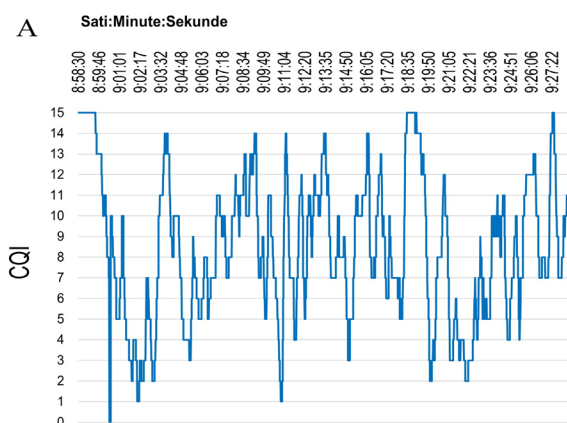
Slika 7 Grafički prikaz parametra RSSI: A – vrijednosti prema trenutku mjerenja; B – udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 7 Graphic display of RSSI parameter: A – values according to the moment of measurement; B – share with regard to the total duration of the measurement



Slika 8 Grafički prikaz parametra SNR: A – vrijednosti prema trenutku mjerenja; B – udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 8 Graphic display of SNR parameter: A – values according to the moment of measurement; B – share with regard to the total duration of the measurement



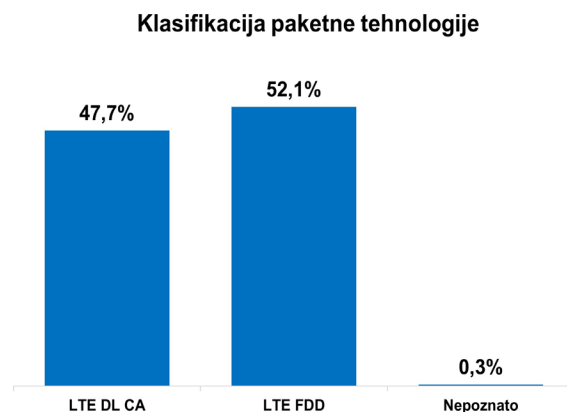
Slika 9 Grafički prikaz parametra CQI: A – vrijednosti prema trenutku mjerenja; B – udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 9 Graphic display of CQI parameter: A – values according to the moment of measurement; B – share with regard to the total duration of the measurement

Na Slici 8. prikazan je parametar SNR, A - vrijednosti prema trenutku mjerenja i B - udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.

Na Slici 9. prikazan je parametar CQI, A - vrijednosti prema trenutku mjerenja i B - udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.

Na Slici 10. prikazan je parametar tehnologije - Udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja.



Slika 10 Grafički prikaz parametra tehnologije: Udio s obzirom na ukupno vrijeme trajanja mjerenja

Figure 10 Graphic display of packet technology parameter: Share with regard to the total duration of the measurement

4. ZAKLJUČAK

4. CONCLUSION

U okviru projektne nastave na Stručnom diplomskom studiju elektrotehnike Tehničkog veleučilišta u Zagrebu razvijena je mobilna

aplikacija za mjerenje radijskih parametara mobilne mreže uz bilježenje pripadnih geografskih koordinata i trenutnog vremena. Ispitivanjem izrađene aplikacije ustanovljeno je da je moguće uspješno mjeriti performanse trenutne 4G mreže. Aplikacija je otvorena za daljnja poboljšanja tako da svaki student / nastavnik može sudjelovati u njenom permanentnom razvoju, a primjenjiva je i za opću populaciju kao ICT podrška vođenim zelenim rekreacijskim rutama značajnim za poboljšanje kvalitete života, posebno urbanog stanovništva.

U kasnijim razvojnim fazama predviđa se mogućnost 5G mjerenja i crtanja dijagrama zračenja te proširenje skupa mjernih podataka na odabranoj ruti koje aplikacija prikuplja. Tako bi se uz razvoj odgovarajuće programske podrške na računalu i/ili samoj aplikaciji mogla procijeniti težina rute, energetska utrošak, mjerenje onečišćenja bukom, automatizirano mapiranje novih *infotainment* rekreacijskih ruta i slično.

5. REFERENCE

5. REFERENCES

- [1.] Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine, NN 13/2021 (11.2.2021.); https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_02_13_230.html
- [2.] Jane's Walk šetnje u Zagrebu, Centar za kulturu Trešnjevke; <https://mapiranje.tresnjevke.com/aktivnosti-g/janes-walk/>

- [3.] Strategija razvoja održivog turizma do 2030. godine, Narodne novine 2/2023 (4.1.2023.); https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2023_01_2_18.html
- [4.] Dennis M., Barker A., Anderson J. et al.: Integrating knowledge on green infrastructure, health and well-being in ageing populations - Principles for research and practice, *Ambio* 52, 2023., pp.107–125; DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01765-5>
- [5.] Soga M., Gaston K. J., Yamaura Y., Gardening is beneficial for health: A meta-analysis, *Preventive Medicine Reports* 5, 2017., pp. 92 – 99; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2016.11.007>
- [6.] Program razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. do 2030. godine, Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine; https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Program_razvoja_zelene_infrastrukture_do_2030.pdf
- [7.] Programski paket Nemo; <https://www.keysight.com/us/en/products/nemo-wireless-network-solutions.html>
- [8.] Aplikacija G-MoN Pro; <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.carknue.gmonpro>
- [9.] Aplikacija Net Monitor; https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.v_a_v.netmonitor&pli=1
- [10.] Aplikacija RF Mobile Trace; https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tts.imnos_mobile
- [11.] Android developer portal; <https://developer.android.com/>
- [12.] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) - Physical layer measurements, ETSI 3rd Generation Partnership Project (3GPP); https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136200_136299/136214/14.02.00_60/ts_136214v140200p.pdf
- [13.] Milde A., Pilinsky S. Z., Comparison of 4G and 5G NR NSA QoE measurements in Croatian cities, 64th International Symposium ELMAR-2022, Proceedings, eds. Muštra M.; Zovko - Cihlar B.; Vuković J., pp. 13-18, ISBN 978-1-6654-7003-2, Zadar 2022.
- [14.] InteliJ IDEA portal; <https://www.jetbrains.com/idea/>
- [15.] ICT zelene rute za rekreaciju u gradu Zagrebu - interni projekt SM114-2020/02 na Elektrotehničkom odjelu na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, voditelj dr. sc. Mladen Sokele, dipl. ing. el., 2022.

AUTORI · AUTHORS

• **Ivan Črnjak** - Završio je preddiplomski stručni studij elektrotehnike smjera Komunikacijska i računalna tehnika na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu 2022. godine uz pohvalu odjela

te nastavlja studij na stručnom diplomskom studiju elektrotehnike smjera Telekomunikacije i računala. Po završetku preddiplomskog studija zapošljava se kao laborant na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu u laboratoriju za telekomunikacije.

Korespondencija · Correspondence

ivan.crnjak1@tvz.hr



• **Antonio Milde** - Završio preddiplomski i specijalistički diplomski studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu uz pohvalu pročelnika odjela i priznanje za istaknuti uspjeh u studiju. Po

završetku studija zapošljava se kao asistent na elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu gdje održava vježbe iz šest kolegija na stručnom prijediplomskom i diplomskom studiju elektrotehnike. U slobodno vrijeme bavi se glazbom, folklorom i radom na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu.

Korespondencija · Correspondence

antonio.milde@tvz.hr



• **Sanja Morić** - Znanstvenica s 20 godišnjim iskustvom u nastavi u visokom obrazovanju. Zaposlena je na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao predavačica na stručnom diplomskom studiju

elektrotehnike te na stručnom diplomskom studiju digitalne ekonomije. Diplomirala (2001.), magistrirala (2005.) te doktorirala (2010.) u biotehničkom području znanosti na Sveučilištu u Zagrebu, Agronomski fakultet. Znanstvena suradnica je od 2013., a docenturu je stekla na Sveučilištu u Zadru 2018. U hrvatskoj znanstvenoj biografiji ima upisano više od 40 istraživačkih radova kao autorica i koautorica. Projekttnu aktivnost ostvaruje u različitim ulogama na stručnim i znanstvenim domaćim i međunarodnim projektima.

Korespondencija · Correspondence

sanja.moric@tvz.hr



• **Mladen Sokele** - Viši je predavač je na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu gdje je nositelj stručnih prijediplomskih kolegija smjera Komunikacijska i računalna tehnika i stručnih diplomskih kolegija smjera

Telekomunikacije i računala. Diplomirao je (1983.), magistrirao (1987.) i doktorirao (2009.) na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Autor je stručnih i znanstvenih radova, poglavlja u stručnim knjigama i udžbenicima iz područja telekomunikacija, informatike i primjene računala u visokom obrazovanju.

Korespondencija · Correspondence

mladen.sokele@tvz.hr