

# Mogućnost primene beacon tehnologiji za razvoj Covid-19 sistema za praćenje kontakta u visokoškolskim institucijama

Ivana Stefanović, Milutin Nešić i Marko Milivojčević

**Apstrakt**—U ovom radu razmatrana je mogućnost primene *beacon* tehnologije za razvoj rešenja koje omogućava praćenje rizičnih kontakta kao i automatizaciju sprovođenja propisanih mera u realnom vremenu, u cilju sprečavanja zaražavanja i širenja infekcije izazvane virusom Covid-19 u visokoškolskim institucijama. Za realizaciju sistema dovoljno je da studenti i zaposleni kod sebe imaju pametni telefon na kome je instalirana odgovarajuća aplikacija. Sistem se bazira na tome da će student i zaposleni kod kojih je utvrđeno prisustvo virusa Covid-19, putem aplikacije, dobrovoljno obavestiti visokoškolsku ustanovu o pozitivnom testu. Sprovedena je anonimna anketa kako bi se utvrdilo da li su student i zaposleni zainteresovani za implementaciju Covid-19 sistema za praćenje kontakta. Izvršena su i praktična merenja, a dobijeni rezultati potvrđuju da je *beacon* tehnologija odličan izbor za implementaciju sistema.

**Cljučne reči**—Beacon; BLE; Covid-19; pozicioniranje.

## I. UVOD

Globalna pandemija izazvana virusom Covid-19 utiče na sve aspekte ljudskog života, uključujući i obrazovanje. Zavisno od trenutne epidemiološke situacije i u skladu sa preporukama Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja nastava u visokoškolskim ustanovama odvija se uživo, na daljinu ili kombinovano. Za razliku od samog početka pandemije, kada se celokupna nastava odvijala na daljinu, danas je u većini visokoškolskih ustanova usvojen kombinovani model koji podrazumeva da se deo nastave održava uživo u školama. Većina mera za zaštitu zdravlja studenata i zaposlenih odnosi se na održavanje fizičke distance, nošenje maski, redovno pranje ruku, čišćenje i dezinfekciju školskih prostorija. Uprkos svim merama koje škole sprovede, dolazi do zaražavanja studenata i zaposlenih, što dovodi u rizik druge studente i zaposlene koji su bili u neposrednom kontaktu sa zaraženim.

U okviru ovog rada predstavljen je centralizovani sistem čija je osnovna funkcija identifikacija i obaveštavanje studenata i zaposlenih o neposrednom kontaktu u školi sa osobom kod koje je potvrđeno prisustvo virusa Covid-19. Sistem je baziran na upotrebi *beacon* tehnologije koja pored praćenja kontakta omogućava i automatizaciju sprovođenja

skoro svih propisanih mera u realnom vremenu u cilju sprečavanja zaražavanja i širenja infekcije. Pomoću *beacon* tehnologije moguće je u realnom vremenu pratiti kretanje studenata i zaposlenih i obavestiti ih kada je potrebno povećati rastojanje sa sagovornikom. Na ovaj način može se unapred smanjiti broj rizičnih kontakta, a samim tim i broj zaraženih. Takođe, u slučaju velike koncentracije studenata koji se dugo zadržavaju na istom mestu, što se često dešava tokom pauza između nastave, moguće je obavestiti i covid redara. Pomoću Covid-19 sistema za praćenje kontakta može se vršiti prebrojavanje ljudi u prostorijama i na osnovu toga odrediti kada je potrebno izvršiti provetravanje i čišćenje prostorija. Na osnovu kretanja, broja bliskih kontakata, vremena provedenog u određenim prostorijama moguće je podsetiti studente i zaposlene o pranju ruku.

*Beacon* tehnologija se bazira na upotrebi BLE (Bluetooth Low Energy) protokola, čime se postiže visoka energetska efikasnost. Srž tehnologije su *beacon* uređaji koji na osnovu snage primljenog signala određuju rastojanje između sebe i drugih uređaja poput pametnih telefona. Glavna prednost *beacon*-a je mogućnost slanja poruka korisnicima u blizini putem aplikacije na pametnom telefonu. Zbog niske cene, jednostavne implementacije, male potrošnje energije i visoke preciznosti, *beacon* tehnologija je postala veoma popularna kod sistema koji uključuju lociranje, navigaciju i praćenje u zatvorenom prostoru. Kompanija Apple je predstavila *beacon* tehnologiju 2013. godine. Već 2016. godine *beacon* tržište procenjeno je na 519.6 miliona dolara, a predviđa se da će do 2026. godine vrednost porasti na 56.6 biliona dolara [1].

Međunarodni aerodrom u Hong Kongu ima preko 17000 *beacon*-a koji se koriste za navigaciju putnika po aerodromu [2]. Macy's robne kuće su 2014. godine instalirale oko 4000 *beacon*-a u preko 850 prodavnica kako bi se povećala prodaja i broj kupaca [3]. Mnogi muzeji širom sveta, poput muzeja umetnosti San Diego, koriste *beacon*-e kako bi poboljšali iskustvo posetioca [4]. Neki univerziteti koriste *beacon* tehnologiju kako bi automatizovali proces evidencije prisustva studenata na predavanjima [5].

Naredne sekcije rada organizovane su na sledeći način. U sekciji II. razmatrane su različite tehnologije koje se koriste za implementaciju lokacijskih servisa u zatvorenom prostoru. Detaljno je objašnjen princip funkcionisanja sistema. Najznačajniji rezultati istraživanja i njihova analiza predstavljeni su u sekciji III. Na kraju rada, prikazane su različite mogućnosti za modifikaciju sistema, čime bi se obezbedila održivost sistema i nakon završetka pandemije.

## II. METOD

Implementacija Covid-19 sistema za praćenje kontakta podrazumeva korišćenje proaktivnih lokacijskih servisa u zatvorenom prostoru koji omogućavaju stalno praćenje

Ivana Stefanović – Akademija tehničko-umetničkih studijama, Beograd, Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Starine Novaka 24, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: ivanas@viser.edu.rs).

Milutin Nešić – Akademija tehničko-umetničkih studijama, Beograd, Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Starine Novaka 24, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: nesic@viser.edu.rs).

Marko Milivojčević – Akademija tehničko-umetničkih studijama, Beograd, Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Starine Novaka 24, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: markom@viser.edu.rs).

korisnika i iniciraju se automatski. Različiti lokacijski servisi koriste različite tehnike pozicioniranja koje se međusobno razlikuju po pitanju tačnosti, preciznosti, efikasnosti, kašnjenju, ceni i kompleksnosti implementacije.

GNSS nude niz pogodnosti kada je u pitanju pozicioniranje na otvorenom, ali u zatvorenom prostoru ne mogu obezbediti zahtevanu tačnost koja je neophodna za implementaciju Covid-19 sistema za praćenje kontakta. Za implementaciju sistema razmatrane su različite tehnike pozicioniranja poput RFID (radio-frequency identification), NFC (Near Field Communication), UWB (Ultra-wideband) tehnologija, kao i pozicioniranje u okviru WLAN mreža koje je bazirano na upotrebi Wi-Fi-a i Bluetooth-a. RFID, NFC i UWB tehnologije podrazumevaju korišćenje različitih tagova i čitača ili senzora za prijem signala sa tagova. Korišćenje bilo koje od navedenih tehnika podrazumevalo bi da svi studenti i zaposleni kod sebe moraju imati tag, dok bi čitači ili senzori bili raspoređeni po školi. Zbog ograničenog dometa, broja tagova koji se istovremeno mogu skenirati, broja čitača i senzora povećava se kompleksnost i cena implementacije sistema. *Beacon* tehnologija je specifična zbog jednostavne integracije i kompatibilnosti između *beacona* i pametnih telefona. Upotrebom *beacon* tehnologije dovoljno je da studenti i zaposleni kod sebe imaju pametni telefon na kome je instalirana odgovarajuća aplikacija. Prema Republičkom zavodu za statistiku, 2020. godine, u Republici Srbiji 94.1% stanovništva koristi mobilni telefon. Za starosnu grupu od 16 do 24 godine, kojoj pripada većina studenata, ovaj procenat iznosi 100%, za mušku populaciju, i 99.6% za žensku populaciju [6].

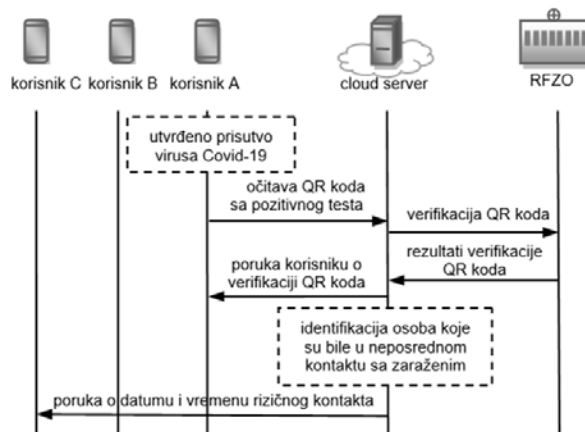
Wi-Fi i Bluetooth tehnologije su pogodne za implementaciju Covid-19 sistema za praćenje kontakta, jer je kao i u slučaju *beacon* tehnologije dovoljno da studenti i zaposleni kod sebe imaju pametni telefon na kome je aktiviran Wi-Fi, odnosno Bluetooth. Pozicioniranje korisnika primenom Wi-Fi vrši se na osnovu snage primljenog signala sa pristupnih tačaka, a može se koristiti i cirkularna lateracija, gde je pozicija korisnika određena presekom kružnica. Da bi se obezbedila neophodna tačnost prilikom pozicioniranja studenata i zaposlenih u školi potrebno je povećati trenutni broj pristupnih tačaka, dodavanjem novih. Ugradnja novih pristupnih tačaka i povezivanje na postojeću infrastrukturu je znatno komplikovanije i skuplje u poređenju sa ugradnjom *beacona*. Takođe, *beacon*-i se lako mogu postaviti na bilo kojoj lokaciji u školi, jer ne zahtevaju mrežno napajanje niti dodatne infrastrukturne radove, za razliku od pristupnih tačaka.

Pozicioniranje pomoću Bluetooth-a nudi niz prednosti u odnosu na Wi-Fi. Jedna od njih je energetska efikasnost koja je postignuta BLE protokolom. Takođe još jedna značajna prednost Bluetooth-a je mogućnost povezivanja pametnog telefona sa drugim pametnim telefonima, a da pri tome nisu neophodne pristupne tačke [7]. Razvijen je veliki broj aplikacija za praćenje Covid-19 kontakta koje koriste Bluetooth tehnologiju, poput COVIDSafe aplikacije koja se koristi u Australiji, eRouska u Češkoj, STOP COVID – Protego u Poljskoj [7]. Sve navedene aplikacije dostupne su na Google PlayStore-u i imaju preko million preuzimanja. Potrebno je naglasiti da se u ovom slučaju zapravo ne vrši pozicioniranje korisnika, nego isključivo dolazi do razmene podataka između korisnika koji su bili u neposrednom kontaktu. Na ovaj način moguće je implementirati Covid-19

sistem za praćenje kontakta, ali se ne mogu implemetirati dodatne funkcionalnosti za automatizaciju sprovođenja propisanih mera u cilju sprečavanja zaražavanja i širenja infekcije.

Na osnovu razmatranih tehnologija koje bi mogle biti implementirane u osmišljeni sistem, *beacon* tehnologija se ističe dobrim odnosom *price/performance* i jednostavnošću implementacije.

Osnovni funkcija Covid-19 sistema za praćenje kontakta je identifikacija i obaveštavanje osoba koje su bile u neposrednom kontaktu, u školi, sa osobom kod koje je potvrđeno prisustvo korona virusa Covid-19. Student ili zaposleni, kod kojeg je utvrđeno prisustvo Covid-19 virusa, putem aplikacije instalirane na svom telefonu, obaveštava školu o pozitivnom SARS-CoV-2 testu, očitavanjem QR koda sa testa. Verifikacija QR koda vrši se na sajtu republičkog fonda za zdravstveno osiguranje. Nakon uspešne verifikacije vrši se identifikacija osoba sa kojima je zaraženi bio u neposrednom kontaktu. Evropski centar za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC) definisao je dva kriterijama na osnovu kojih se vrši identifikacija osoba koje su bile u neposrednom kontaktu sa zaraženom osobom. Prvi kriterijum odnosi se na rastojanje između osoba, a drugi na dužinu trajanja kontakta. Prema ECDC izveštaju [8] i klasifikaciji kontakta, visok rizik od zaražavanja postoji ukoliko je osoba boravila u zatvorenom prostoru sa zaraženom osobom najmanje 15 minuta na udaljenosti manjoj od 2m. Takođe, prema ECDC izveštaju [9], koji se odnosi na školske ustanove, postoji visok rizik od zaražavanja za sve osobe koje su bile u istoj učionici za zaraženom osobom duže od 15 minuta. Sledeći korak je obaveštavanje osoba, za koje je utvrđeno da su bile u neposrednom kontaktu sa zaraženim, putem aplikacije o datumu i vremenu kontakta. Neophodno je naglasiti da prilikom obaveštavanja osoba koje su bile u neposrednom kontaktu sa zaraženom osobom neće biti otkriven identitet zaražene osobe. Osoba koja je bila u kontaktu samo se obaveštava o datumu i vremenu kontakta, zbog eventualne izolacije i praćenja simptoma. Na Slici 1. prikazani su koraci postupka identifikacije i obaveštavanja osoba o neposrednom kontaktu sa zaraženim.



Sl. 1. Koraci postupka identifikacije i obaveštavanja osoba o neposrednom kontaktu sa osobom kod koje je utvrđeno prisustvo Covid-19 virusa.

Nedostatak ovakvog sistema je taj što se bazirana na tome da će osoba kod koje je utvrđeno prisustvo SARS-CoV-2 virusa dobrovoljno obavestiti ustanovu o pozitivnom testu. Kako bi se utvrdilo da li su student i zaposleni

zainteresovani za ovakav sistem izvršeno je anonimno anketiranje na Akademiji tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva. Anketa sadrži 6 pitanja, sa ponuđenim odgovorima “da” i “ne”:

1. Da li biste želeli da se u Školi implementira sistem pomoću kojeg se vrši identifikacija studenata i zaposlenih koji su bili u neposrednom kontaktu sa osobom kod koje je potvrđeno prisustvo Covid-19 virusa?
2. Da li biste na svom telefonu instalirali besplatnu aplikaciju za ove potrebe?
3. Da li biste u okviru aplikacije uneli Vaš broj telefona i JMBG?
4. U slučaju da ste bili u neposrednom kontaktu sa zaraženom osobom da li biste želeli da budete obavješteni putem aplikacije o datumu i vremenu kontakta?
5. U slučaju da se Vi zarazite Covid-19 virusom da li biste obavestili Školu o tome, putem aplikacije?
6. U slučaju da se Vi zarazite Covid-19 virusom da li biste želeli da se osobe koje su bile u bliskom kontaktu sa Vama tokom boravka u Školi obaveste putem aplikacije o datumu i vremenu kontakta? Osobe sa kojima ste bili u bliskom kontaktu dobile bi isključivo podatke o datumu i vremenu kontakta, ali ne o osobi sa kojom su bile u kontaktu.

Anketirano je 73 studenata i 17 zaposlenih. Rezultati ankete prikazani su u sekciji III.

### III. GLAVNI REZULTATI

#### A. Rezultati ankete

U Tabeli I. prikazani su rezultati ankete za svako pitanje pojedinačno. Iz Tabele I. se vidi da više od 75% anketiranih želi da se u školi implementira sistem za identifikaciju studenata i zaposlenih koji su bili u neposrednom kontaktu sa osobom kod koje je potvrđeno prisustvo virusa Covid-19, i da bi za tu potrebu instalirali besplatnu aplikaciju na svom telefonu. Čak 87.78% anketiranih je spremno da putem aplikacije obavesti školu o pozitivnom SARS-CoV-2 testu. Većina anketiranih, preko 80% želi da bude obavješteno o neposrednom kontaktu, kao i da drugi budu obavješteni. Sa druge strane, 34.44% anketiranih ne želi da unese broj telefona i JMBG u okviru aplikacije. Ovi podaci su neophodni radi verifikacije testa i obavještanja korisnika o neposrednom kontaktu.

TABELA I  
REZULTATI ANKETE

Pitanje	Odgovor DA	Odgovor NE
1.	75.56 %	24.44 %
2.	75.56 %	24.44 %
3.	65.56 %	34.44 %
4.	81.11 %	18.89 %
5.	87.78 %	12.22 %
6.	84.44 %	15.56 %

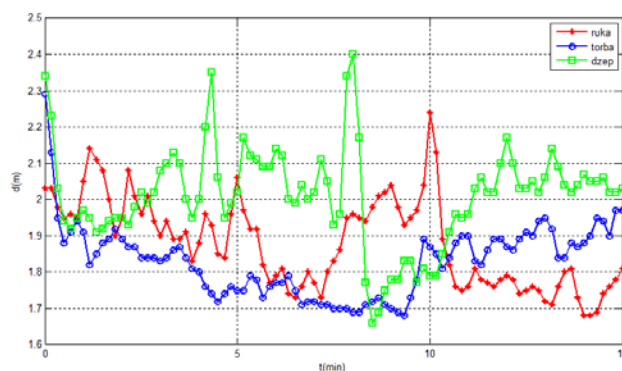
Prilikom analize odgovora anketiranih izdvojile su se tri grupe odgovora. 52.22% anketiranih je na sva pitanja odgovorilo sa da, dok je svega 12.22% na sva pitanja

odgovorilo sa ne. Takođe uočena je i grupa anketiranih, 15.56%, koja je na sva pitanja sem trećeg dala odgovor da.

#### B. Rezultati merenja

Na osnovu 128-bitnog UUID (*Universally Unique Identifier*) broja *beacon*-a lako se može izvršiti identifikacija osoba koje su boravile u istoj učionici sa zaraženom osobom duže od 15 minuta. Sa druge strane, identifikacija studenata i zaposlenih koji su proveli više od 15 minuta sa zaraženim na rastojanju manjem od 2 m, u nekom drugom prostoru poput hodnika ili kabineta, zahteva veću preciznost.

Za merenje rastojanja i prijemne snage korišćena je Radius Networks aplikacija *Locate*. Telefon marke Huawei p20 pro korišćen je kao *ibeacon*, pri čemu je predajna snaga podešena na -56dBm. Kao prijemnik korišćen je telefon marke Huawei p30 pro. Telefoni su postavljeni na rastojanju od 2 metra, a merenje je vršeno tokom 15 minuta, za tri slučaja. U prvom slučaju telefon koji je korišćen kao prijemnik nalazi se u ruci, u drugom slučaju u torbi, a u trećem u džepu od pantalona. Na Slici 2. dat je grafički prikaz procenjene udaljenosti tokom vremenskog intervala od 15 minuta, pri čemu je na horizontalnoj osi prikazano vreme u minutima, a na vertikalnoj osi procenjeno rastojanje u metrima, za sva tri slučaja, pri čemu su rezultati beleženi svakih 10 sekundi.



Sl. 2. Procena udaljenosti korisnika od *beacon*-a tokom vremenskog intervala od 15 minuta

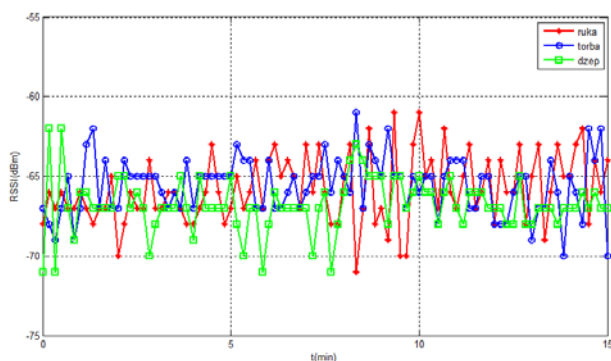
Najveće izmereno odstupanje procenjenog rastojanja od realnog iznosi 0.4m. Ovo odstupanje dobijeno je u trećem slučaju, kada se telefon nalazio u džepu. Sa Slike 2. se može uočiti da je za slučaj kada se telefon nalazi u torbi procenjeno rastojanje skoro uvek manje od stvarnog rastojanja. Takođe, u slučaju kada se telefon nalazi u ruci, tokom 81% vremena merenja, rastojanje je procenjeno na manje od stvarnog. Sa druge strane, u slučaju kada se telefon nalazi u džepu, procenjeno rastojanje je veće od stvarnog rastojanja tokom 54% vremena merenja. Ovo je najverovatnije posledica statičnosti telefona i njegovog položaja kada je torbi, dok se u ruci i džepu telefon pomera pa samim tim i dijagram zračenja menja svoj pravac. Srednja greška procenjenog rastojanja za sva tri slučaja, dobijena na osnovu 273 merenja iznosi  $\pm 0.14$ m. Na ovaj način postignuta je preciznost od 74.73%. Pri tome najviša preciznost postiže se u slučaju kada se telefon nalazi u torbi, čak 97.8%, dok se najniža preciznost postiže u slučaju kada se telefon nalazi u džepu, samo 39.56%. Preciznost je definisana kao odnos broja merenja kada je detektovano da se korisnik nalazi na rastojanju manjem ili jednakom od 2 m i rastojanju koje je veće od 2 m.

Kako je utvrđeno da srednja greška procenjenog rastojanja iznosi  $\pm 0.14$  m na dobijene rezultate merenja primenjen je novi kriterijum pri čemu se kao kritično rastojanje uzima 2.14 m. Povećanjem rastojanja sa 2 m na 2.14 m postiže se preciznost od 95.97%. U Tabeli II. dat je pregled preciznosti za sva tri slučaja, pojedinačno, kada se kao kritično rastojanje koristi 2 m i 2.14 m. Kao što se vidi iz Tabele II. promena rastojanja sa 2 m na 2.14 m dovodi do povećanja preciznosti u sva tri slučaja, pri čemu se u trećem slučaju beleži najveći porast preciznosti od čak 50.55%.

TABELA II  
PRECIZNOST

	kriterijum 2 m	kriterijum 2.14 m
ruka	82.42 %	98.90 %
torba	97.80 %	98.90 %
džep	39.56%	90.11 %

Na Slici 3. dat je grafički prikaz izmerenog RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), za sva tri slučaja, tokom vremenskog intervala od 15 minuta. Srednja vrednost RSSI dobijena sumiranjem svih prikupljenih podataka iznosi -66.07 dBm. Potrebno je naglasiti da postoje mala odstupanja srednje vrednosti RSSI za sva tri slučaja pojedinačno. Minimalna izmerena vrednost RSSI je -71 dBm, a maksimalna -61 dBm.



Sl. 3. Izmerene vrednosti RSSI tokom vremenskog interval od 15 minuta

Pomoću jednačine (1) može se odrediti eksponent slabljenja,  $n$ .  $RSSI_{d_0}$  predstavlja srednju vrednost izmerenog RSSI na rastojanju od 1m, dok  $RSSI_d$  predstavlja srednju vrednost izmerenog RSSI na rastojanju  $d$  [10].

$$n = \frac{RSSI_{d_0} - RSSI_d}{10 \cdot \log d} \quad (1)$$

Na osnovu 20 merenja srednja vrednost RSSI na rastojanju od 1m iznosi -58.20 dBm. Zamenom dobijenih vrednosti u jednačinu (1) dobija se eksponent slabljenja  $n=2.61$ . Dobijeni eksponent slabljenja odgovara eksponentu slabljenja u poslovnim zgradama, isti sprat, pri frekvenciji od 2.4 GHz, čija se vrednost kreće u opsegu od 1.6 do 3.5 [11].

Izvršena su merenja RSSI i na rastojanjima 0.5 m, 1.5 m, 2.5 m i 3 m. Dobijene vrednosti eksponenta slabljenja prikazane su u Tabeli III. Na osnovu dobijenih rezultata srednja vrednost eksponenta slabljenja iznosi 2.32. Pri eksponentu slabljenja od 2.32 i srednjoj vrednosti RSSI od -

66.07 dBm procenjuje se da je korisnik udaljen od *beacon*-a 2.18m, odnosno srednja greška procenjenog rastojanja iznosi  $\pm 0.18$  m. Dakle, dobijeno je odstupanje od svega  $\pm 0.04$  m u odnosu na rezultate dobijene merenjem i novo uvedeni kriterijum od 2.14m.

TABELA III  
EKSPONENT SLABLJENJA NA RAZLIČITIM RASTOJANJIMA

d	0.5 m	1.5 m	2 m	2.5 m	3 m
n	2.01	2.14	2.61	2.15	2.67

## IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je pokazano da je *beacon* tehnologija odličan izbor za implementaciju Covid-19 sistema za praćenje kontakta u zatvorenom prostoru jer nudi niz pogodnosti poput visoke preciznosti, niske cene, jednostavne implementacije, održavanja i nadogradnje.

Sistem koji je prikazan u ovom radu namenjen je za visokoškolske institucije ali se može implementirati i u drugim zatvorenim prostorima poput tržnih centara, bankama, bolnicama, domovima zdravlja, firmi i kompanija sa velikim brojem zaposlenih i sl. U slučaju implementacije sistema npr. u tržnim centrima mogu se iskoristiti već postojeće aplikacije, poput aplikacija Tvoj Centar, Ada Loyalty Club i dr.

Nedostatak opisanog sistema je ograničeno trajanje koje zavisi od završetka pandemije, međutim u visokoškolskim institucijama nakon završetka pandemije sistem se lako može prilagoditi i koristiti za druge potrebe, poput navođenja kandidata po školi prilikom predaje dokumenata, polaganja prijemnog ispita i upisa, evidenciju studenata na nastavi i ispitima, obaveštavanje studenata i zaposlenih o rasporedu nastave, lociranje zaposlenih i sl. Takođe, i u drugim institucijama van obrazovanja po završetku pandemije moguće je prilagoditi sistem konkretnim potrebama u cilju unapređenja radnih procesa, povećanja efikasnosti i zadovoljstva klijenata.

## LITERATURA

- [1] T. Alsop, "Beacons technology market revenue worldwide 2016 and 2026", Statista, October, 2020.
- [2] P. Tedeschi, K. Eun Jeon, J. She, S. Wong, S. Bakiras, R. Di Pietro, "Privacy-Preserving and Sustainable Contact Tracing Using Batteryless Bluetooth Low-Energy Beacons", *IEEE Security & Privacy*, pp. 2-11, October, 2021.
- [3] L. Chamberlain, "Macy's To Test Beacon Messages Outside App, Explore Retargeting", March, 2016. [Online]. Available: <https://geomarketing.com/macys-to-test-beacon-messages-outside-app-explore-retargeting>
- [4] K. Shams, "8 museums successfully using beacons & 8 examples of beacon innovations", September, 2016. [Online]. Available: <https://proxera.net/8-museums-successfully-using-beacons-8-examples-of-beacon-innovations/>
- [5] S. Perez, "BeHere Lets Teachers Take Attendance Using iBeacon Technology", March, 2016. [Online]. Available: <https://techcrunch.com/2014/03/28/behere-lets-teachers-take-attendance-using-ibeacon/>
- [6] M. Kovačević, V. Šutić, U. Rajčević, A. Milaković, "Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji", Republički zavod za statistiku, Beograd, Srbija, 2020. [Online]. Available: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G202016015.pdf>
- [7] M. Shahroz, F. Ahmada, M. Shahzad Younis, N. Ahmadb, M. N. Kamel Boulos, R. Vinuesa, J. Qadir, "COVID-19 digital contact

- tracing applications and techniques: A review post initial deployments”, *Transportation Engineering 5 (2021): 100072*, May, 2021.
- [8] “Contact tracing: public health management of persons, including healthcare workers, who have had contact with COVID-19 cases in the European Union – third update”, European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, Sweden, 18 November 2020. [Online]. Available: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/covid-19-contact-tracing-public-health-management-third-update.pdf>
- [9] “Objectives for COVID-19 testing in school settings – first update”, European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, Sweden, 21 August 2020. [Online]. Available: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/covid-19-objectives-school-testing.pdf>
- [10] J. Röbesaat, P. Zhang, M. Abdelaal, O. Theel, “An Improved BLE Indoor Localization with Kalman-Based Fusion: An Experimental Study”, *Sensors 17.5 (2017): 951*, 2017.
- [11] O. S. Oguejiofor, A. N. Aniedu, H. C. Ejiofor, G. N. Okechukwu, “Indoor Measurement And Propagation Prediction Of WLAN At 2.4GHz”, *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 2, no. 7, pp. 798-802, July, 2013.

## ABSTRACT

This paper discusses the possibility of applying beacon technology to develop solutions that allow monitoring of close contacts and automate the implementation of prescribed measures in real time, in order to prevent spread of infection caused by Covid-19 virus in higher education institutions. For the realization of the system, it is enough that students and employees have a smartphone on which the appropriate application is installed. The system is based on the fact that the student and employees who have been diagnosed with the Covid-19 virus will voluntarily inform the higher education institution about the positive test, through the application. An anonymous survey was conducted to determine whether students and employees are interested in implementing the Covid-19 contact tracking system. Practical measurements were also performed, and the obtained results confirm that beacon technology is an excellent choice for system implementation.

### **Possibility of applying beacon technologies for the development of Covid-19 contact tracking systems in higher education institutions**

Ivana Stefanović, Milutin Nešić i Marko Milivojčević