

<https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954752/POSTEL.2023.021>

IoT REŠENJE ZA POŠTANSKO SANDUČE SA AUTOMATSKOM DOJAVOM PRIJEMA POŠILJKI

Nikola Milutinović¹, Zlatica Marinković², Zoran Stanković², Vera Marković²

¹Univerzitet u Nišu – Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - odsek Niš,
nikola.milutinovic@akademijanis.edu.rs

²Univerzitet u Nišu - Elektronski fakultet, *zlatica.marinkovic@elfak.ni.ac.rs*,
zoran.stankovic@elfak.ni.ac.rs, *vera5556@gmail.com*

Sadržaj: *Uvođenje IoT tehnologija u različite aspekte svakodnevnog života i industrijskog sektora predstavlja značajan korak u razvoju pametnih i efikasnih rešenja. U ovom radu najpre je dat kratak pregled trenutnih rešenja primene IoT tehnologija za automatsku dojavu prispeća pošiljki u poštansko sanduče. Analizirane su osnovne komponente ovih sistema, tehnološki izazovi i prednosti, kao i potencijalne komercijalne primene. Zatim je predloženo novo rešenje koje omogućava prevazilaženje nekih nedostataka ili ograničenja koji postoje kod trenutnih rešenja, a pre svega u pogledu napajanja u ekstremnim ambijentalnim uslovima uz korišćenje izvora obnovljive energije.*

Ključne reči: *IoT, senzori, poštansko sanduče, GSM*

1. Uvod

S obzirom na ubrzan način života i poslovanja koji karakteriše današnje društvo, potreba za efikasnim i tačnim obaveštavanjem o događajima u svakodnevnom životu postaje sve važnija. Automatska dojava o prispeću pošiljki predstavlja jedan od odgovora na ovu potrebu, pružajući korisnicima mogućnost da brzo i precizno saznaju kada je pismo primljeno, bez potrebe za manuelnim pregledom poštanskog sandučeta. Ovo je posebno značajno za poslovne organizacije koje često primaju značajan obim poslovne korespondencije, kao i za korisnike koji imaju poštansko sanduče na posedu na lokaciji udaljenoj od lokacije prebivališta. Ovakvi sistemi omogućavaju korisnicima da budu informisani o prispeću pošte u realnom vremenu, što je od suštinskog značaja za organizacije koje teže boljoj interakciji sa svojim klijentima, kao i za pojedince koji žele da efikasno upravljaju svojim ličnim i poslovnim obavezama.

Današnji pametni uređaji predstavljaju kompleksnu kombinaciju različitih komponenta, čineći ih funkcionalnim i korisnim za krajnje korisnike. Tržište nudi raznolike hardverske komponente koje omogućavaju krajnjim korisnicima da bolje organizuju svoje vreme, olakšaju svakodnevne zadatke i ostvare efikasniju upotrebu svojih uređaja. Virtuelni asistenti, pametni kućni uređaji, *smart house* rešenja i mnogi

drugi pametni uređaji predstavljaju samo deo IoT (*Internet of Things*) ekosistema koji kontinuirano evoluira kako bi unapredio živote ljudi i olakšao svakodnevne aktivnosti. Ovi uređaji su dizajnirani da komuniciraju međusobno i sa centralnim sistemima putem različitih komunikacionih protokola.

Ovaj rad se bavi IoT rešenjima za poštansko sandučće sa automatskom dojavom pošiljki. Razvoj ovakvih sistema je veoma kompleksan jer je neophodno sagledati mnoštvo prepreka koje se mogu pojaviti prilikom instalacije sistema u poštansko sandučće. Do sada su predstavljena različita inovativna tehnička rešenja, od čega su neka komercijalizovana i dostupna na tržištu. Svako od postojećih tehnoloških rešenja nosi sa sobom svoje specifične ograničavajuće faktore u različitim ključnim aspektima. Značajna ograničenja mogu se primetiti u kontekstu dimenzija, namenske proizvodnje za samo određeni tip poštanskog sandučćeta (uglavnom za američko tržište), nestabilne veze sa Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) mrežom zbog udaljenosti poštanskog sandučćeta, osetljivosti na spoljne faktore i temperaturu okoline, zloupotrebe sistema u slučaju otvaranja vrata poštanskog sandučćeta nenamenski.

U ovom radu predlaže se rešenje koje može odgovoriti na zahteve koji su definisani na osnovu kritičnih problema u razvoju prethodnih inovativnih rešenja. Predloženo rešenje zbog malih dimenzija ima mogućnost instalacije senzora unutar bilo kog poštanskog sandučćeta, pouzdanost detekcije je velika, obaveštavanje korisnika je putem SMS poruke, nije potrebna pokrivenost Wi-Fi signalom na lokaciji sandučćeta, sprečena je zloupotreba sistema čime je nivo privatnosti korisnika podignut na viši nivo.

U radu je u Sekciji 2 je ukratko prikazan pregled trenutnih IoT rešenja sa automatskim javljanjem o primljenoj pošti, opisana su najčešće primenjena rešenja i njihove karakteristike. Zatim je u Sekciji 3 predstavljeno novo idejno rešenje za poštansko sandučće sa automatskom dojavom o prispelim pošiljkama, gde je prikazana blok šema i princip rada sistema. U Sekciji 4 su opisane komponente sistema i predstavljen je izgled realizovanog prototipa. Sekcija 5 sadrži rezultate testiranja prototipa i diskusiju rezultata. Kratak zaključak je dat u Sekciji 6 i praćen je listom korišćene literature.

2. Pregled trenutnih rešenja za dojavu prijema pošiljki

Izvestan broj tehnoloških rešenja za dojavu prispeća pošiljki primenjen je uz upotrebu PIR (*Passive Infrared*) senzora. Kod ovakvih rešenja mogućnost detekcije je putem PIR senzora koji se ugrađuje u samu unutrašnjost sandučćeta i povezuje se sa modulom za komunikaciju koji može sadržati u sebi Wi-Fi modul ili GSM (*Global System for Mobile Communications*) modul za slanje obaveštenja krajnjem korisniku. Veći broj rešenja realizovan je sa ovim sensorima, a primer takvog rešenja prikazan je u [1], [2]. Neka od rešenja nude kombinaciju PIR senzora sa *Raspberry Pi* mikroracunarom koji na svom hardveru ima određena softverska rešenja za procesiranje signala primljenog od senzora i slanje informacije krajnjem korisniku putem Wi-Fi mreže [3].

Neka od naprednijih rešenja realizovana su pomoću programabilnih logičkih kontrolera (PLC - *Programmable Logic Controller*) opremljenih različitim vrstama senzora, uglavnom sensorima pokreta koji detektuju promene unutar poštanskog sandučćeta nakon što je pošiljka isporučena. Sensori su povezani sa kontrolnom jedinicom za detekciju, koja signalizira prisustvo nove pošte. Ovakvi uređaji direktno se integrišu

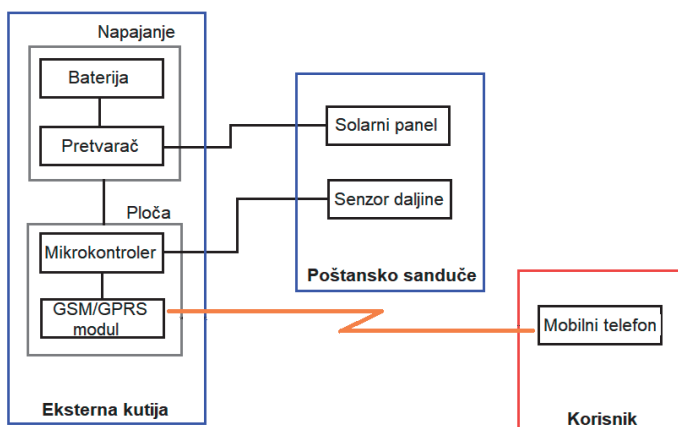
na poštansko sanduče, omogućavajući precizno praćenje prispeća pošte. Posebno vredan aspekt ovih uređaja je njihova sposobnost slanja SMS poruka ili elektronske pošte putem GSM modula [4].

Detekcija pristiglih pošiljki na osnovu detekcije pomeraja vratanca poštanskog sandučeta predstavlja još jedno inovativno rešenje koje koristi različite tipove senzora, kao što su: akcelometar, žiroskop i magnetometar. Bazirani su na instalaciji senzora na samim vratima poštanskog sandučeta pri čemu se detektuje pomeraj i vrednost signala dobijenog od senzora se upoređuje sa unapred definisanim pragom. Ukoliko postoji razlika, putem elektronske pošte se obaveštava korisnik o pristigloj pošti [5]. Pomoću vibracionih senzora takođe je moguće dobiti informaciju o pomeraju vratanca poštanskog sandučeta. Kada nosilac pisma zatvori poklopac poštanskog sandučeta nakon što ostavi pismo, senzor detektuje ovu vibraciju. Nakon toga, šalje informaciju koja se dalje obrađuje u mikrokontroleru i preko određenih modula za bežičnu komunikaciju šalje do krajnjeg korisnika. Instalacija ovakvog senzora ne mora nužno biti direktno na poštanskom sandučetu, ali proces mora biti precizno izbalansiran kako bi poštansko sanduče reagovalo samo na značajne vibracije, a ne na manje vibracije, kao što su one koje dolaze od vetra, što predstavlja jednu od slabosti ovakvih sistema [6]. Jedno rešenje nudi instalaciju piezoelektričnih senzora na samom dnu sandučeta koji detektuju promenu težine za svaki objekat koji upadne u sanduče [7].

3. Predloženo IoT rešenje za poštansko sanduče sa automatskom dojavom prijema pošiljki

Sagledavanjem svih problema i ograničenja koja postoje sa do sada razvijenim sistemima, predloženo je novo IoT rešenje za poštansko sanduče sa automatskom dojavom prijema pošiljki koje ima mogućnost obaveštavanja krajnjeg korisnika putem SMS poruke kada se pošta dostavi u posmatrano sanduče. Ovo rešenje ima mogućnost javljanja u realnom vremenu i pruža viši nivo privatnosti korisnika i bezbednosti pošiljke koja je isporučena. Glavna karakteristika ovog rešenja je mogućnost primene na bilo kom tipu poštanskog sandučeta (evropski ili američki standard).

Blok šema sa elementima sistema prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Blok šema sistema

Sistem se sastoji od poštanskog sandučeta sa integrisanim senzorom daljine i dodatnim hardverom. Ovaj senzor je povezan sa ostalim hardverskim komponentama smeštenim unutar spoljne kutije koja je pričvršćena na poštansko sanduče. U spoljnoj kutiji nalazi se ploča sa elektronskim komponentama, uključujući GSM modul namenjen za slanje SMS poruka korisnicima i napajanje realizovano punjivom baterijom sa naponom od 3.6 V. Baterija se dopunjuje putem solarnog panela koji je montiran na površini poštanskog sandučeta. Ovo omogućava uređaju potpunu mobilnost i nezavisnost od eksternog električnog napajanja, čime se postiže energetska efikasnost i ekološka prihvatljivost.

Mikrokontroler je u sistemu konfigurisan tako da periodično, svakih 2000 ms, vrši proveru stanja senzora. Konkretno, on daje komandu senzoru da izmeri distancu unutar poštanskog sandučeta. U slučaju da se u bilo kom trenutku zabeleži odstupanje distance od referentne vrednosti, taj podatak se evidentira, a mikrokontroler naknadno upotrebljava GSM/GPRS modul za slanje SMS obaveštenja krajnjem korisniku.

Definisana su tri osnovna stanja:

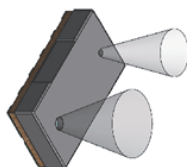
- **Otvorena vrata sandučeta:** Ovo stanje nastupa kada je distanca veća od referentne daljine određene kada je sanduče zatvoreno. Tada se krajnjem korisniku šalje SMS poruka sa sadržajem „Sanduče otvoreno“. Ovo je inicijalno stanje.
- **Zatvorena vrata sandučeta:** Nakon što se vrata poštanskog sandučeta zatvore, senzor meri distancu koja ostaje konstantna duži vremenski period i uzima je kao referentnu. Nakon toga korisniku se šalje SMS poruka sa tekстом „Sanduče zatvoreno“.
- **Primljena pošta:** Ukoliko dođe do smanjenja distance u odnosu na referentnu daljinu, šalje se poruka sa sadržajem „Stigla je pošta“. Nakon otvaranja vrata i merenja veće distance od one definisane u kodu, dolazi do resetovanja stanja i očekuje se zatvaranje vrata sandučeta i određivanje nove referentne vrednosti.

4. Realizacija prototipa

U nastavku je dat kratak opis komponentata koje su korišćene za realizaciju sistema:

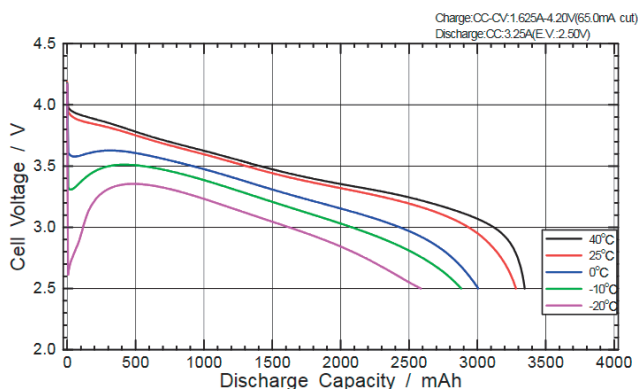
- Mikrokontroler STM32G070 baziran je na visoko performansnom 32-bitnom RISC jezgri Arm Cortex-M0+ sa radnom frekvencijom koja ide do 64 MHz. Ističe se visokim stepenom integracije i može se primeniti u širokom spektru aplikacija u potrošačkom sektoru, industriji i uređajima, a takođe je pripremljen za rešenja u okviru IoT. Dolazi sa nizom unapređenja, uključujući jedinicu za zaštitu memorije (MPU – *Memory Protection Unit*), brzu ugrađenu memoriju, DMA (*Direct Memory Access*) i različite sistemske funkcije. Radna temperatura ovih uređaja varira od -40°C do 85°C, a radni napon napajanja se kreće u opsegu od 2.0 V do 3.6 V. Zbog optimizovane dinamičke potrošnje i obimnog seta režima za uštedu energije, ovi mikrokontroleri su veoma pogodni za projektovanje aplikacija sa malom potrošnjom energije [8].
- Senzor daljine VL53L0K je kompaktan laserski ToF (*Time-Of-Flight*) senzor koji se ističe kao najmanji paket dostupan na tržištu (Slika 2). Ovaj modul pruža precizna merenja udaljenosti bez obzira na svojstva površine koja se meri, što

predstavlja napredak u odnosu na tradicionalne metode. Ima sposobnost merenja apsolutnih udaljenosti do 2 metra. Ključna karakteristika ovog modula je integracija niza jednofotonskih lavinskih dioda (SPAD - *Single Photon Avalanche Diodes*) i primena druge generacije *FlightSense* patentirane tehnologije. Modul koristi laserski izvor svetlosti talasne dužine 940 nm. Takođe, poseduje unutrašnje fizičke infracrvene filtre koji omogućavaju veće udaljenosti merenja, povećanu otpornost na ambijentalno osvetljenje i veću pouzdanost u očitavanju površina koje reflektuju svetlost, uključujući i staklene površine [9].



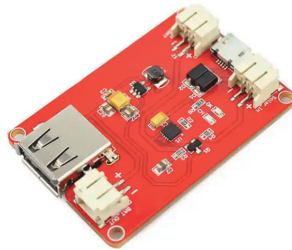
Slika 2. Izgled senzora daljine [9]

- Za slanje SMS poruka krajnjem korisniku koristi se GSM modul Quectel M66FA-04-STD. Ovaj modul predstavlja izuzetno kompaktan četvoropojasni GSM/GRPS modul sa LCC kastelacionim pakovanjem. Baziran na 2G čipsetu, ovaj modul pruža optimalne performanse u prenosu SMS poruka, podataka i audio usluga čak i u zahtevnim uslovima. Koristi tehnologiju površinske montaže, čime se garantuje njegova robusnost i pouzdanost, a niska profiliranost i mali paket omogućavaju jednostavnu integraciju u aplikacije sa ograničenim dimenzijama. Kompaktna veličina, niska potrošnja energije i izdržljivost na temperature čine ovaj modul izuzetno pogodnim izborom za različite primene u domenu M2M (*Machine to Machine*) komunikacija, kao što su nosivi uređaji, industrijski PDA (*Personal Digital Assistant*) uređaji i mnoge druge oblasti [10].
- Izvor napajanja koji se koristi u sistemu je punjiva baterija PANASONIC NCR18650B sa nominalnim naponom od 3.6 V i nominalnom kapacitivnošću od 3350 mAh. Karakteristika pražnjenja baterije u zavisnosti od spoljašnje temperature prikazana je na Slici 3.



Slika 3. Karakteristika brzine pražnjenja zavisno od temperature [11]

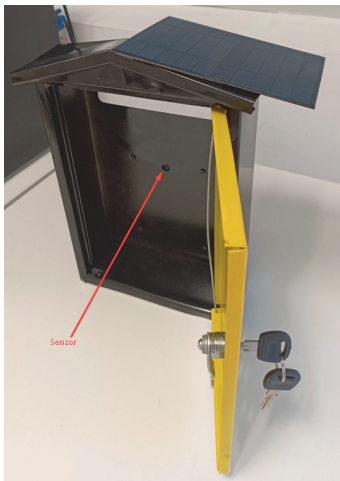
Baterija je direktno povezana sa modulom Mini Solar Lipo Charger, prikazanom na Slici 4. Ovaj modul ima dva nezavisna ulaza: jedan za bateriju, jedan za solarni panel. Pored ovoga, ima mogućnost punjenja preko adaptera, povezivanjem na direktan izvor struje, ili preko USB napajanja. Izlaz ovog modula povezuje se sa glavnom pločom. Čip koji koristi ovaj modul, CN3065, je specijalizovan za upravljanje punjenjem litijumskih baterija. Kada je dostupno eksterno napajanje za litijumske baterije, ovaj čip se može koristiti i kao izvor stabilne struje od 5 V i 500 mA [12].



Slika 4. Mini Solar Lipo Charger Board CN3065 [12]

- Solarni panel dimenzija 150 x 130 mm, koji je namontiran na samo kućište sandučeta sa gornje strane, povezan je sa Mini Solar Lipo Charger modulom. Solarni panel daje napon od 5 V i struju od 500 mA, služi za napajanje baterije, čime je omogućen duži životni vek baterije.

Na Slici 5 prikazane su fotografije realizovanog prototipa predloženog IoT rešenja za poštansko sandučće sa automatskom dojavom prijema pošiljki. U unutrašnjosti sandučeta nalazi se senzor daljine instaliran tako da ne zauzima prostor u sandučetu, a ostatak hardvera je u spoljnoj kutiji.



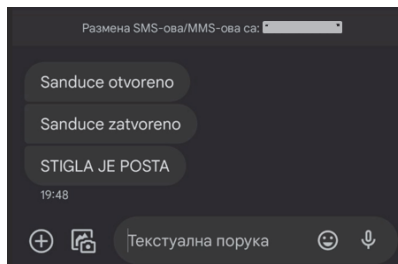
(a)



(b)

Slika 5. Izgled (a) prednje i (b) zadnje strane realizovanog prototipa

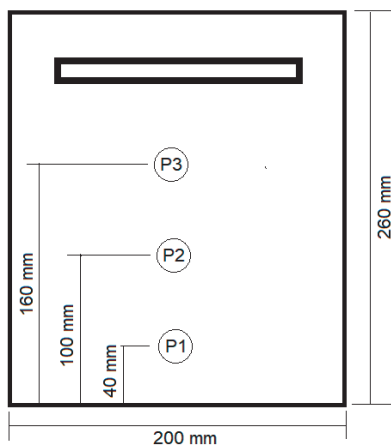
Ilustracija SMS obaveštenja, nakon određene akcije na poštanskom sandučetu, prikazana je na Slici 6.



Slika 6. Ilustracija primljenih obaveštenja o aktivnostima na poštanskom sandučetu

5. Ispitivanje performansi sistema

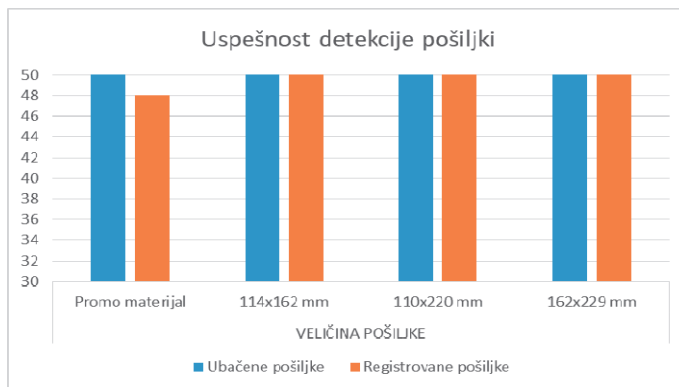
Pouzdanost i tačnost sistema zavisi od načina korišćenja poštanskog sandučeta, dimenzija pošiljke i od pozicije senzora daljine unutar sandučeta. U fazi ispitivanja performansi sprovedeno je ispitivanje tačnosti detekcije prijema pošiljke za 3 različite pozicije senzora po vertikali (40 mm, 100 mm i 160 mm od dna sandučeta), a horizontalno je zadržana srednja pozicija na zadnjem zidu poštanskog sandučeta. Razmatrane pozicije prikazane su na Slici 7.



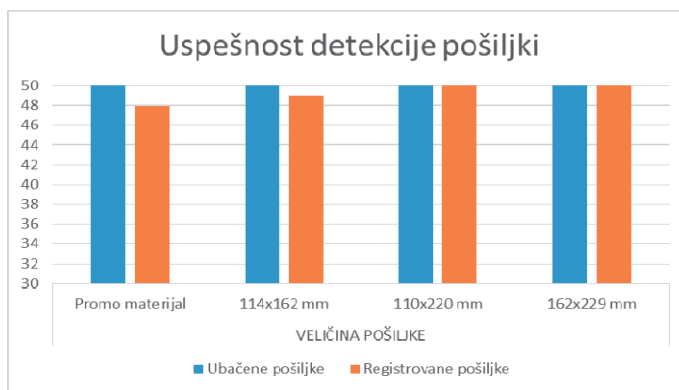
Slika 7. Pozicioniranje senzora u sandučetu u fazi testiranja

Za testiranje sistema korišćene su različite veličine pošiljki. Kao promo materijal korišćeni su različiti tipovi lifleta koji se razlikuju po dimenziji, vrsti papira i debljini papira. Najslabije se pokazala detekcija pošiljke poput listića za glasanje zato što se može saviti i preklopiti zbog mekoće papira. Korišćene su i koverta dimenzija 114 × 162 mm, 110 × 220 mm i 162 × 229 mm. U svakoj od razmatranih pozicija eksperiment je ponovljen po 50 puta sa svim navedenim vrstama pošiljki. Rezultati uspešnosti

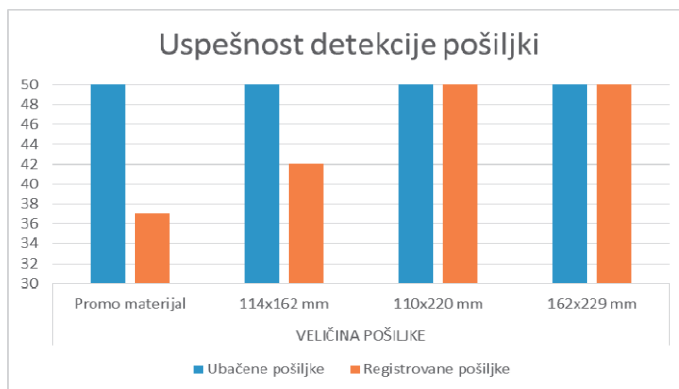
detekcije su grafički prikazani na Slikama 8, 9 i 10 za pozicije senzora P1, P2 i P3, respektivno.



Slika 8. Uspešnost detekcije pošiljki za poziciju senzora na 40 mm od dna sandučeta – pozicija P1



Slika 9. Uspešnost detekcije pošiljki za poziciju senzora na 100mm od dna sandučeta – pozicija P2



Slika 10. Uspešnost detekcije pošiljki za poziciju senzora na 160mm od dna sandučeta – pozicija P3

Na osnovu prikazanih rezultata se može videti da predloženo rešenje ima visoku uspešnost detekcije različitih tipova pošiljki. Za kovertu dimenzija 110 × 220 mm i 162 × 229 mm detekcija je uvek bila uspešna, bez obzira na poziciju senzora. Uspešnost detekcije najmanje kovertu, dimenzija 114 × 162 mm, je stoprocentna za slučaj najniže pozicije senzora P1, a smanjuje se sa povećanjem visine postavljanja senzora. U slučaju lifleta uzorci pošiljki su raznorodni po dimenzijama, uključujući i nestandardne manjih dimenzija od najmanje razmatrane kovertu, tačnost detekcije je nešto manja nego kod koverti i raste sa smanjenjem visine postavljanja senzora. Dakle, može se zaključiti da iako je najveća preciznost postignuta za pozicioniranje senzora na najmanju visinu od 40 mm od dna sandučeta, i postavljanje senzora na visinu od 100 mm dovodi do minimalnog smanjenja tačnosti.

5. Zaključak

IoT rešenja za detekciju pristigle pošte u poštanskim sandučićima mogu imati široku primenu u različitim sektorima, uključujući privatne domove, poslovne objekte, stambene zgrade i druge lokacije. Pored toga, ovakva tehnologija može doprineti smanjenju rizika od gubitka ili krađe pošiljaka, čime se unapređuje bezbednost pošiljki. Rešenje koje je prikazano u ovom radu adaptivno je na sve tipove poštanskih sandučića, radi u realnom vremenu, ima mogućnost zaštite pošiljki od krađe jer detektuje otvaranje vrata, koristi obnovljivi izvor energije za punjenje baterije i ne zahteva dodatnu mrežnu infrastrukturu za povezivanje i slanje poruka. Ovo rešenje se može dalje unapređivati i prilagođavati potrebama korisnika, čime se otvaraju vrata za nove inovacije u oblasti dostave pošiljki.

Zahvalnica: Istraživanja prikazana u ovom radu podržana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (br. 451-03-47/2023-01/200102). Razvoj ovog sistema podržan je od strane Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija – odsek Niš.

Literatura

- [1] „Ring’s Mailbox Sensor is one of the nerdier smart home gadgets I’ve tested“, <https://www.theverge.com/22193709/ring-mailbox-sensor-review>
- [2] Ring Mailbox Sensor, <https://ring.com/products/ring-mailbox-sensor>
- [3] Kishore K.S., „Smart Mailbox Using Raspberry Pi“, University College of Engineering, Nagercoil, Tamilnadu, India, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Volume 9, 2021, <https://www.ijraset.com/best-journal/smart-mailbox-using-raspberry-pi>
- [4] S. K. Subramaniam, S. Husin, Y. Yusop, A. Hamidon, “Real time mailbox alert system via sms or email”, Faculty of Electronics and Computer Engineering, Universiti Teknikal, Malaysia, 2007, *Applied Electromagnetics, 2007. APACE 2007. Asia-Pacific Conference* https://www.researchgate.net/publication/4364443_Real_time_mailbox_alert_system_via_SMS_or_email

- [5] Chandra Sekhar Avinash Kottedu, Sai Likesh Vanjavakam, "Notification alert system in postbox", Dept. of Mathematics and Natural Science, Blekinge Institute of Technology, Sweden,
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1677461/FULLTEXT02>
- [6] „Smart Mailbox: These Options Are Available“,
<https://parcelsea.com/2022/09/smart-mailbox-these-options-are-available>
- [7] Yew-Keong Sin, Joe-Win Ng, Zhe-Kang Lim, „Smart Mailbox Using Piezoelectric Sensors“, Faculty of Engineering, Multimedia University, Persiaran Multimedia, Cyberjaya, Selangor, Malaysia, 2023, pp 154-163
- [8] Arm Cortex-M0+ 32-bit MCU, 128 KB Flash, 36 KB RAM, 4x USART, timers, ADC, comm. I/Fs, 2.0-3.6V, Datasheet – production data,
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32g070cb.pdf>
- [9] Time-of-Flight ranging sensor, Datasheet – production data,
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf>
- [10] Quectel M66, Ultra-small Quad-band GSM/GPRS Module,
<https://datasheet.octopart.com/M66FA-04-STDN-Quectel-datasheet-163887582.pdf>
`?_gl=1*1dCuuz1*_ga*MjEzNTMwMDUyMy4xNjk1NjQ4MTE3*_ga_SNYD338KX
X*MTY5NTY0ODExOS4xLjAuMTY5NTY0ODExOS4wLjAuMA..`
- [11] Panasonic NCR18650B Datasheet,<https://octopart.com/datasheet/ncr18650b-panasonic-30796917>
- [12] Mini Solar Lipo Charger Board CN3065 Lithium Battery Charge Chip DIY Outdoor Application Kit Charging Board Module,
https://www.alibaba.com/product-detail/Mini-Solar-Lipo-Charger-Board-CN3065_60775109451.html

Abstract: *The introduction of IoT technologies into various aspects of everyday life and industrial sectors represents a significant step in the development of smart and efficient solutions. In this paper, first of all, a brief overview of current solutions for the application of IoT technologies for automatic notification of the arrival of parcels in the mailbox is given. The basic components of these systems, technological challenges and advantages, as well as potential applications in the real world are analyzed. Then a new solution was proposed that allows overcoming some of the shortcomings or limitations that exist in current solutions, primarily in terms of power supply in extreme ambient conditions with the use of renewable energy sources.*

Keywords: *IoT, sensors, mailbox, GSM*

IoT SOLUTION FOR A MAILBOX WITH AUTOMATIC DELIVERY NOTIFICATION

Nikola Milutinović, Zlatica Marinković, Zoran Stanković, Vera Marković