

Detekcija događaja na osnovu karakterističnih zvukova pomoću LPWAN senzorskih modula

Laslo Tarjan, Srđan Tegeltija, Branislav Tejić, Ivana Šenk, Miloš Stanojević

Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju,
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
Novi Sad, Srbija

laci@uns.ac.rs, srkit@uns.ac.rs, teji@uns.ac.rs, ivanas@uns.ac.rs, stanojevicmilos@uns.ac.rs

Sažetak—Pametni uređaji su danas svuda oko nas. To su uređaji koji se mogu povezati na komunikacionu mrežu preko koje će preuzimati i deliti podatke koji su od interesa za korisnika, proizvođača ili bilo koga. Ideja IoT koncepta je upravo ta, da uređaj bude deo jednog univerzalnog sistema, jedne celine koja čini veliku bazu informacija. LPWAN mreže sa niskom potrošnjom energije, kao što je i LoRaWAN, omogućavaju implementaciju senzorskih mernih ćelija koja koriste baterijsko napajanje, što daje veliku autonomnost u razmeštanju senzorskih jedinica. U radu je ispitivana mogućnost detekcije događaja na osnovu karakterističnih zvukova (npr.: prisustvo ljudi, životinja, automobila) koji se registruju i obrađuju u samoj senzorskoj jedinici a za prenos informacija se koriste LPWAN komunikacioni moduli.

Ključne riječi detekcija zvuka; zvučne komande; LPWAN; LoRaWAN; (key words)

I. UVOD

Mašine koje rade određene poslove umesto ljudi, su svuda oko nas, i funkcionisanje velike većine ovih mašina ne može da se zamisli bez neke elektronike: mnoštva senzora (detektora) i upravljačkih kontrolera, koji u nekim slučajima međusobno komuniciraju. Postalo je normalno da se na internetu do traženih informacija dolazi u deliću sekunde [1], ili da se neki proizvod ili usluga poruči i kupi „online“, čak i od strane same pametne mašine[2], [3].

Način komunikacije čoveka sa mašinama, koje se svakodnevno koriste, je jedan od izazova koji se postavlja pred inženjere i dizajnere uređaja, i treba da se reši na takav način da korisniku obezbedi lako i intuitivno korišćenje. Korisnički interfejsi (eng. HMI - Human-Machine Interface) mogu biti različiti, npr.: monitor ili tastatura, displej sa tastaturom, ili displej osetljiv na dodir, ali se za ove potrebe mogu koristiti i napredniji interfejsi kao što su glasom upravljani korisnički interfejsi (eng. VUI – Voice User Interface) ili novije tehnologije koje koriste proširenu realnost (eng. AR - Augmented Reality) za obezbeđivanje dodatnih informacija za korisnika.

Pojavom VUI postalo je uobičajeno da se glasovnim komandama aktiviraju funkcionalnosti nekog uređaja, kao što je npr. primanje poziva na mobilnom telefonu tokom vožnje automobila, ili uključivanje nekog kućnog uređaja ili pak kupovina preko interneta uz pomoć VUI uređaja koji podržava i ovakav vid servisa. Jedan primer ovakvog VUI uređaja je npr. *Alexa*, od *Amazon.com* koji predstavlja VUI uz servis za obradu i sintezu govora, pružajući platformu koja može da se koristi za potrebe razvoja VUI [4], pritom povezan je sa servisima *Amazon* onlajn prodavnice i između ostalog omogućava i kupovinu preko interneta.

Glasom upravljani korisnički interfejsi mogu da rade kao uređaji lokalnog tipa ili kao distribuirani uređaji. Distribuirani VUI sistem uključuje lokalni uređaj koji prima glasovne komande od korisnika i udaljeni server za obradu i dekodovanje glasovne poruke. Nakon prijema glasovne poruke lokalni uređaj odlučuje da li je u mogućnosti da lokalno dekoduje komandu ili je potrebno da se konektuje na server i pošalje snimljenu poruku na dalju obradu. Nakon obrade dekodovana komanda se vraća nazad na lokalni uređaj ili se izvršava direktno na serveru. [5]

Tema ovog rada je ispitivanje mogućnosti detekcije određenog događaja na osnovu detektovanja karakterističnih zvukova koje registruje VUI. Polazna pretpostavka je da ako VUI sistemi mogu da detektuju i dekoduju zvučne komande date od strane korisnika, zašto ne bi mogle da se „nauče“ i na neke karakteristične zvuke kao što je to zvuk automobila, rad neke mašine ili glasovi životinja.

Ideja za ovakav projekat potiče iz saradnje sa istraživačima iz oblasti zaštite životne sredine i šumarstva u kojem je postoji potreba za iznalaženjem adekvatnih senzora za detekciju određenih dešavanja u zaštićenim pojasima prirode, konkretno šuma i parkova [6]. Ovaj pristup bi se mogao koristiti i u mnogim drugim oblastima, kao što je poljoprivreda ili bezbednosni odnosno alarmni sistemi.

Danas postoji veliki broj pametnih uređaja, odn. pametnih senzora, koji se mogu povezati na komunikacijsku mrežu i deliti podatke o okolini koji su od interesa za korisnika, i na osnovu kojih je moguće izraditi adekvatne servise koji bi doprineli poboljšanju neke oblasti delovanja [7], [8]. Ideja koncepta interneta stvari (eng. IoT – Internet of Things) je da poveže sve ove uređaje u jedinstven sistem [9] stvarajući veliku bazu podataka koja omogućava implementaciju daljih korisnih servisa za korisnika. Širokopoljne mreže male snage (eng. LPWAN - Low-Power Wide-Area Network), kao što je *LoRaWAN* od *LoRa Alliance*, omogućavaju implementaciju senzorskih ćelija na udaljenim lokacijama koje rade na baterijsko napajanje, čime se obezbeđuje velika autonomija u primeni senzorskih jedinica. U ovom slučaju je vrlo bitno da senzorske jedinice imaju malu potrošnju energije i da efikasno koriste komunikacionu mrežu, kako zbog smanjivanja potrošnje tako i zbog regulatornih ograničenja korišćenih frekvencijskih opsega u LPWAN mrežama [10].

U radu se razmatra mogućnost otkrivanja događaja na osnovu karakterističnih zvukova (na primer, prisustvo ljudi, životinja, automobila), gde se prikupljanje i obrada podataka vrši lokalno, dok komunikacioni moduli unutar LPWAN prosleđuju obrađene informacije.

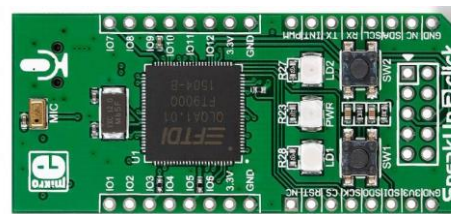
II. TESTIRANJE OPREME

Detekcija zvuka koji je posledica nekog događaja nije uopšte lak zadatak, jer uvek postoje određeni šumovi usled uticaja okoline (vetar, brujanje uređaja, itd.). Ovaj šum se tokom postavljanja opreme može izmeriti na licu mesta, nakon pokretanja i inicijalizacije sistema, snimanjem zvuka u određenom vremenskom intervalu, ali je problem što se šum može menjati tokom vremena. Druga opcija je da se povremeno sistem reinicijalizuje i da se trenutni šum ponovo izmeri. Na osnovu dobijenih vrednosti za ustaljeni šum, sistem za detekciju se može podesiti tako da se osnovni šum filtrira i da ono ne dovodi do detekcije.

Pošto je tema ovog rada ispitivanje mogućnosti detekcije određenog događaja na osnovu detekcije karakterističnog zvuka koji taj događaj proizvodi (prisustvo životinja, automobila, rad neke mašine i sl.), odabrana je takva konfiguracija modula, koja omogućava unapred snimanje karakterističnih zvukova, njihovu detekciju i označavanje sa jedinstvenim ID, zatim prenošenje dekodovane informacije preko LPWAN mreže. Sistem se sastoji od dva glavna i dva pomoćna modula. Glavne module čine moduli za detekciju zvuka i komunikaciju, a pomoćne module čine mikrokontroler *AT mega 128* [11] čiji je zadatak da ID primljen od modula za detekciju zvuka upakuje u paket za slanje preko LPWAN i da nadzire komunikaciju, i modul za UART↔USB konverziju čiji je zadatak da na prijemnoj strani omogući dovođenje informacija preko UART komunikacije na računar.

A. Modul za detekciju zvuka

Senzorski moduli zasnovani na pasivnim mikrofonom uz upotrebu adekvatne pasivne elektronike i odgovarajućih mikrokontrolera omogućavaju prilično laku detekciju zvuka (buke), kao i obradu zvuka. U ovom radu za detekciju i dekodiranje zvuka korišćen je *SpeakUp 2 click* modul (Sl.



Slika 1. *SpeakUp 2 click* modul za detekciju zvuka [12].



Slika 2. *LoRa click* modul za komunikaciju [15].

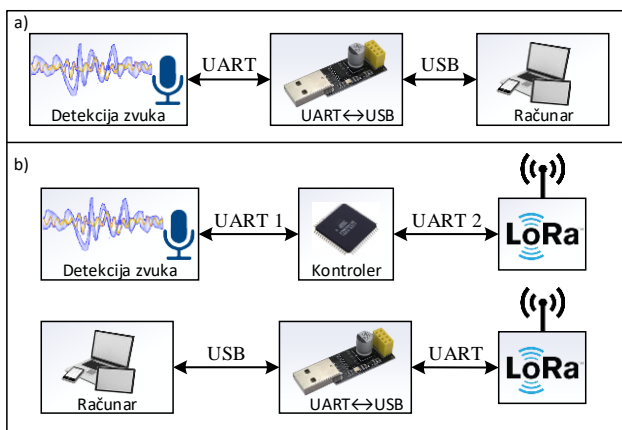
Error! Reference source not found.) proizvođača *Mikroelektronika* [12], koji omogućava detekciju do 100 različitih zvučnih komandi. Modul može da se napaja sa naponom od 3.3 V ili 5 V, i ima potrošnju od 5,7 mA u aktivnom režimu. Jezgro kontrolera je *FTDI* mikrokontroler *FT900* [13] u koji je od strane proizvođača modula implementiran DTW (eng. *Dynamic Time Warping*) algoritam za dekodovanje sekvence snimljenog zvuka u trajanju od 1 s. Modul poseduje 12 digitalnih ulazno/izlaznih priključaka, koji mogu da rade kao GPIO (eng. *General Purpose Input Output*) ili PWM (eng. *Pulse-Width Modulation*) izlazi, kao i I²C, UART, SPI, USB komunikaciona interfejsa. Svako snimljenoj komandi se automatski pridružuje jedinstveni 16 bitni ID (eng. *Identifier - identifikator*) i postoji mogućnost pridruživanja nekog zadatka nad digitalnim izlazima. Snimanje zvučnih sekvenci je omogućeno pomoću aplikacije na računaru [14], dugmadi SW1 i SW2 na modulu ili komandama preko komunikacije. U softveru je omogućeno podešavanje praga nivoa jačine zvuka koji inicijalizuje detekciju, kao i nivo šuma okoline (nivo šuma je moguće detektovati i automatski prilikom inicijalizacije modula).

B. Moduli za komunikaciju sa računarom

Za komunikaciju detektorskog modula sa računarom, a u kasnijoj fazi projekta i sa serverom, izabran je *LoRa click* senzorski modul (Sl. **Error! Reference source not found.**) proizvođača *Mikroelektronika* [15]. Modul može da se napaja sa naponom od 3.3 V ili 5 V, i ima potrošnju od 66,1 mA u aktivnom režimu. Modul je baziran na kolu *RN2483* proizvođača *Microchip* [16] i može da radi na frekvencijama od 433 i 868 MHz. Modul može da se konfigurise u PPP (engl. *Point-to-Point Protocol*), ili za rad preko *LoRaWAN* gejtveja (eng. *gateway*). Komunikacija sa modulom je obezbeđena preko ASCII komandnog interfejsa, preko UART komunikacionog porta. Po specifikaciji proizvođača domet ovih modula je 15 km na otvorenom i do 5 km u urbanoj sredini [15], [16].

Testiranja su obavljena u dve faze. U prvoj fazi testiranja modul za detekciju zvuka bio je povezan direktno sa

računarom preko UART↔USB konvertora (Sl. **Error! Reference source not found.** a). Tokom druge faze testiranja



Slika 3. Dijagram povezivanja korišćenih modula.

modul za detekciju zvuka je sa računarom bio povezan preko LPWAN mreže. Za pomenuto povezivanje korišćena su dva *LoRa click* modula. Jedan je bio povezan sa modulom za detekciju zvuka a drugi sa računarom na koji su stizale dekodirane komande. Način povezivanja prikazan je na Sl. **Error! Reference source not found.** b.

LoRa click moduli su podešeni za rad u PPP. Nakon detekcije zvuka, i uspešnog dekodovanja, *SpeakUp 2 click*, preko UART magistrale šalje ID dekodirane komande mikrokontroleru koji primljenom ID-u pridružuje podatak o trenutnom vremenu i datumu. Ovi podaci se do slanja čuvaju u kontroleru. Format podataka je:

10:21:58_09-1-2019;_12;
vreme razmak datum; razmak ID

Svakih pola sata kontroler inicira komunikaciju preko *LoRa click* modula i do tada akumulirane podatke šalje drugom modulu koji to onda preko UART↔USB konvertora prosleđuje računaru na kojem se podaci snimaju u tekstualnu datoteku.

C. Tok testiranja

Po opisu proizvođača [12] funkcionalnost modula za detekciju i prepoznavanje zvučnih komandi, *Speak Up 2 click*, nije vezan za neki određeni jezik, već isključivo za ponavljanje neke prethodno snimljene sekvence zvuka. Sekvenca snimljene komande je u ovoj verziji ograničena na jednu sekundu. Da bi se proverila funkcionalnost ovakvog rešenja i upotrebljivost u aplikacijama u kojima se želi detektovati zvuk koji nije posledica samo govora čoveka, urađeno je mešovito testiranje u kojem su snimljene i komande koje izgovara čovek ali i komande u kojima je snimljen lavež psa. Snimljene komande čije se prepoznavanje testiralo prikazane su u Tabeli I. Komande sa ID od 0 do 16 predstavljaju reči koji su izgovarani na srpskom jeziku i istovremeno snimljeni i u modulu za detekciju zvuka i na računaru, kao audio fajl, da bi se kasnije tokom testiranja mogli iskoristiti. Komande sa ID od 18 do 22

predstavljaju pet različitih laveža psa koji su takođe istovremeno snimljeni i u modul za detekciju i u audio fajl na računaru.

Testiranje je vršeno u dve faze. U prvoj fazi testiranje je vršeno u laboratorijskim uslovima, u kojem je korišćen audio fajl pripremljen na osnovu snimljenih komandi. Audio fajl je bio sačinjen od sekvence snimljenih komandi sa ID od 0 do 18 u snimljenom obliku, pa nakon toga isti ovi zvuci koji su softverski usporeni za 10% a nakon toga ista sekvenca koja je softverski ubrzana za 25%, a na kraju sekvenca zvuka laveža psa sa ID od 18 do 22. Između svake komande je ostavljeno oko 4-5 sekundi (u zavisnosti od dužine komande) kako bi modul za detekciju uspešno dekodovao zvuk. Čitava sekvenca je u trajanju od 4 minuta. Ova sekvenca je ponovljena 27 puta u uslovima tišine i dodatnih 27 puta u uslovima kada se sa zvučnika računara pored snimljene zvučne sekvence emitovao i zvuk belog šuma (zvuk rada fena za kosu) učestanosti do 15% zvuka snimljenih zvučnih komandi. U drugoj fazi testiranja detektor zvuka (*Speak Up 2 click* + mikrokontroler + *LoRa click*) postavljen je na ulicu i snimana je detekcija laveža na ulici. Kontroler je prikupljene podatke slao na računar posredstvom LoRa linka svakih 30 minuta.

TABELA I. ZVUKOVI SNIMLJENIH KOMANDI I NJIHOV ID

ID	Zvuk	Izvor	ID	Zvuk	Izvor
0	nula	čovek	11	dole	čovek
1	jedan	čovek	12	levo	čovek
2	dva	čovek	13	desno	čovek
3	tri	čovek	14	potvrđi	čovek
4	četiri	čovek	15	ponisti	čovek
5	pet	čovek	16	selektuj	čovek
6	šest	čovek	18	"Lavež 1"	životinja
7	sedam	čovek	19	"Lavež 2"	životinja
8	osam	čovek	20	"Lavež 3"	životinja
9	devet	čovek	21	"Lavež 4"	životinja
10	gore	čovek	22	"Lavež 5"	životinja

III. REZULTATI TESTIRANJA

Testiranje uspešnosti detekcije snimljenih zvukova obavljeno je u dve faze. U prvoj fazi testirana je uspešnost detektovanja snimljenih zvukova u laboratorijskim uslovima. Rezultati ovih testiranja prikazani su u Tabeli II. Zvukovi sa ID od 0 do 16 testirani su u tri varijante:

- kada se reprodukuju na isti način kao što su snimljeni,
- kada se reprodukuju usporeno za 10%, i
- kada se reprodukuju ubrzano za 25%.

Zvukovi sa ID od 18 do 22 su reprodukovani samo u izvornom obliku jer se iz sekvence od 5 sekundi, koliko je snimano za svaku komandu, nije moglo tačno odrediti koju

sekundu je modul za detekciju uhvatio kao referentnu, pa se nije moglo odrediti koji je to deo sekvence. S obzirom da zvuci različitih laveža za ljudsko uho deluju poprilično isto, izostavljeno je seckanje i obrada ovih zvučnih komandi.

Sekvenca komandi je ponovljena 27 puta prvo bez dodatog šuma. Rezultati su prikazani u Tabeli II u kolonama označenim sa „NN“ u procentualnom obliku (uspešnost prepoznavanja, odn. detekcije). Nakon toga sekvenca je ponovljena još 27 puta ali sada sa dodatkom 10% belog šuma. Rezultati ovih testova prikazani su u kolonama označenim sa „BS“.

Kao što se iz Tabele II vidi, u slučaju kada su se zvuci reprodukovali u identičnom obliku kao što su i snimljeni u detektoru, prepoznavanje je 100%. Tu treba napomenuti da bez obzira na kontrolisane uslove neki šum uvek postoji, tako da ovi zvuci nisu mogli biti u potpunosti istovetni onim zvučima koji su snimljeni, ali se vidi da detektor bez obzira na postojanje šuma uspešno dekodira svaki zvuk.

TABELA II. DETEKCIJA ZVUKA U LABORATORIJU

Brina govora	Normalna		-10%		25%	
	NN	BS	NN	BS	NN	BS
0	100%	96%	100%	96%	100%	96%
1	100%	89%	100%	74%	100%	96%
2	100%	96%	100%	96%	100%	96%
3	100%	33%	59%	4%	100%	15%
4	100%	96%	100%	96%	100%	96%
5	100%	96%	126%	107%	100%	130%
6	100%	96%	100%	96%	100%	96%
7	100%	93%	100%	93%	100%	96%
8	100%	96%	100%	89%	100%	96%
9	100%	96%	100%	93%	0%	0%
10	100%	96%	100%	96%	63%	78%
11	100%	96%	100%	96%	137%	115%
12	100%	93%	100%	96%	100%	96%
13	100%	96%	100%	96%	100%	96%
14	100%	96%	93%	85%	100%	96%
15	100%	96%	100%	96%	100%	96%
16	100%	96%	100%	96%	100%	96%
18	100%	96%				
19	100%	11%				
20	100%	15%				
21	100%	96%				
22	100%	178%				
Sve [18:22]		79%				

U slučaju kada je reprodukciji osnovnog zvuka pridodat i beli šum pouzdanost detekcije u slučaju ljudskog zvuka (ID od

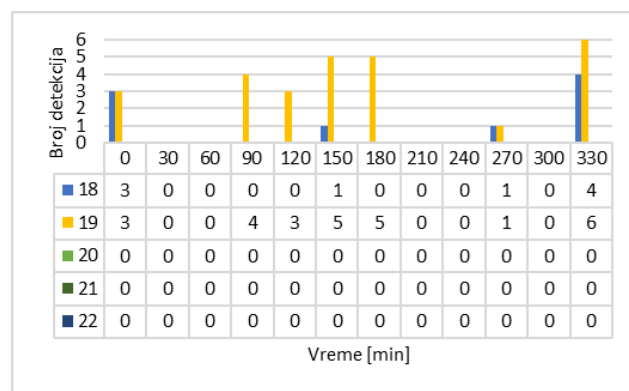
0 do 16) je pala na 96%, što je sasvim prihvatljivo, ali u nekim slučajima i na manje. Npr. na 33% u slučaju zvuka „tri“, što uveliko ulazi u domen neprihvatljivih pogodaka. Za prihvatljiv nivo je uzet prag greške od 10-15%. U slučaju detekcije zvuka laveža (ID od 18 do 22) kada je bio emitovan i beli šum pojavila se greška u detekciji kod zvukova sa ID 19 i 20 koji ili nisu prepoznati uopšte ili su prepoznati kao zvuk sa ID 22, što se vidi iz uspešnosti detekcije od 178% što ukazuje na to da je i neki drugi zvuk detektovan kao ID 22. Kod ove grupe zvukova (ID od 18 do 22) ukupna uspešnost detekcije je svega 79%, što ukazuje na to da je teže adekvatno podesiti modul za detekciju ovog tipa zvuka ukoliko postoji šum. Ovde treba napomenuti da je jačina (amplituda) zvuka laveža bila znatno niža od zvuka generisanog od strane čoveka.

Kod detekcije zvukova koji su usporeni ili ubrzani javlja se greška kod određenih zvukova kao što je to npr. „tri“, „četnaest“ u slučaju usporenja od deset procenata, ili „devet“ koji se uopšte ne detektuje ili „deset“ ili „tri“ u slučaju ubrzanja izgovaranja reči. U slučaju ubrzanja zvuci „devet“ i „deset“ u većini slučajeva su registrovani kao zvuk „pet“.

U drugoj fazi testiranja modul za detekciju je bio postavljen na ulici i snimanje je vršeno u trajanju od sedam sati u vremenu od 10:20 do 17:20. Pored detektora je konstantno sniman i zvuk kako bi se moglo proveriti kada je senzor detektovao a kada ne. Na Sl. **Error! Reference source not found.** prikazani su rezultati detekcije, koji prikazuju u kom satu je bilo i koliko detekcije. Bez obzira na raznolikost zvukova psećeg laveža, koji je ustanovljen preslušavanjem snimljenog zvučnog zapisa, detektovani su samo varijante sa ID 18 i 19, dok ostale tri varijante nisu ni u jednom slučaju. Takođe treba napomenuti da je detekcija psa koji je u neposrednoj blizini (radijus od 20 m) bila 100%, dok ostalih pasa koji se čuju u daljini samo povremena. Takođe treba napomenuti da je kontinuirani zvuk laveža detektovan kao jedan zvuk sve dok između dva laveža nije bilo veće pauze od 5-6 s.

IV. ZAKLJUČAK

Zadavanje komande nekoj mašini glasovnim komandama danas nije ništa neobično, naročito za englesko i kinesko govorno područje. Naravno, reč je o distribuiranim VUI sistemima čiji servisi se neprestano razvijaju. U ovom radu prikazani su rezultati testiranja jednog lokalnog VUI sistema sačinjenog od detektora zvuka i neophodne prateće elektronike koja obezbeđuje da se modul može montirati bilo gde i napajati iz baterijskog napajanja ili kombinacije sa solarnim panelima, ali ovaj deo sistema nije deo ovog rada. Pored detekcije



Slika 4. Detekcija zvukova sa ID: 18-22 tokom sedmočasovnog perioda snimanja u vanlaboratorijskim uslovima

zvučnih komandi na „ne engleskom“ ispitivana je i mogućnost detekcije nekog drugog zvuka. U ovom istraživanju testirana je mogućnost detekcije zvuka psećeg laveža, i dobijeni su prihvatljivi rezultati. Za očekivati je da bi se na ovaj način moglo detektovati i zvuk automobila, rad nekog alata, pucnjava, grmljavina, i sl. što bi omogućilo da bez neke veće obrade podataka nadziru zaštićena područja ili kontrolišu rad na nekoj lokaciji. S obzirom da se detekcija i prepoznavanje (dekodiranje) izvršavaju na lokalnu, ne postoji potreba za prenošenjem velike količine podataka, kao u slučaju video nadzora ili zvučnog strima, tako da se mogu koristiti LPWAN rešenja za umrežavanje senzora na nekom području.

Tokom testiranja ispostavilo se da je prijemnik, tj. mikrofonski sistem dosta slab i usmeren, a ova verzija modula ne ostavlja mogućnost za priključivanje dodatnog spoljnog mikrofona, tako da bi trebalo raditi na tome da se omogući priključivanje dodatnog adekvatnog mikrofona koji bi povećao radijus detekcije ovih senzorskih modula.

U daljem radu potrebno je istražiti mogućnost komunikacije senzorskih sistema preko LoRaWAN gejtveja i mogućnosti za skladištenje podataka na server, kao i mogućnosti prikazivanja i vizualizacije ovih podataka u SCADA sistemima koji bi zainteresovanim stranama pružale adekvatne informacije o posmatranim događajima.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu deo su ostvarenih rezultata projekata koje je finansijski podržao Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Autonomne Pokrajne Vojvodine, kroz projekat: Primena tehnologija IoT za praćenje svežih prehrambenih proizvoda iz Vojvodine, kao i Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekte: TR35001 - Automatizovani sistemi za identifikaciju i praćenje objekata u industrijskim i neindustrijskim sistemima i III46001 - Analiza primene novih i tradicionalnih tehnologija u proizvodnji konkurentnih prehrambenih proizvoda sa dodatnom vrednošću za evropsko i svetsko tržište.

LITERATURA

- [1] G. S. Shergill and Z. Chen, "WEB-BASED SHOPPING: CONSUMERS' ATTITUDES TOWARDS ONLINE SHOPPING IN NEW ZEALAND," J. Electron. Commer. Res., vol. 6, no. 2, pp. 79–96, 2005.
- [2] G. S. Nayak, Gangadhar, and P. C., "Intelligent Refrigerator with Monitoring Capability through Internet," in JCA Special Issue on "Wireless Information Networks & Business Information System" WINBIS, 2011, 2011, pp. 65–68.
- [3] F. Osisanwo, S. Kuyoro, and O. Awodele, "Internet Refrigerator – A typical Internet of Things (IoT)," in 3rd International Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics (ICAESAM'2015), March 23-24, 2015 London (UK), 2015, pp. 59–63.
- [4] Amazon, "Alexa Voice Service," 2019. [Online]. Available: <https://developer.amazon.com/alexa-voice-service>. [Accessed: 17-Jan-2019].
- [5] G. M. White, J. J. Buteau, G. E. Shires, K. J. Surace, and S. Markman, "DISTRIBUTED VOICE USER INTERFACE, US Patent," Patent No.: US 6,408,272 B1, 2002.

- [6] A. Tarjan Tobolka, L. Tarjan, and Z. Galic, "„PAMETNE ŠUME“ – IoT U GAZDOVANJU ŠUMAMA NA ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA, ISSN," Topola, ISSN 0563-9034, vol. 201/202, pp. 227–236, 2018.
- [7] P. Eliopoulos, N.-A. Tatlas, I. Rigakis, and I. Potamitis, "A 'Smart' Trap Device for Detection of Crawling Insects and Other Arthropods in Urban Environments," Electronics, vol. 7, no. 9, p. 161, 2018.
- [8] I. Potamitis, P. Eliopoulos, and I. Rigakis, "Automated Remote Insect Surveillance at a Global Scale and the Internet of Things," Robotics, vol. 6, no. 3, p. 19, 2017.
- [9] I. Šenk, L. Tarjan, D. Oros, S. Stankovski, and G. Ostojić, "A Model for Indoor Product Localization Based on the Internet of Things," in XVII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON INDUSTRIAL SYSTEMS, ISBN 978-86-7892-978-6, 2017, pp. 86–91.
- [10] L. Tarjan, B. Tejić, D. Dragičević, G. Ostojić, and N. Đukić, "An alternative communication possibility during a natural disaster by using Low-Power Long-Range RF modules," in 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 2018, no. 17, pp. 94–99.
- [11] Atmel, "8-bit Atmel Microcontroller Programmable ATmega128L," Data Sheet, 2011. [Online]. Available: <http://www.atmel.com/images/doc2467.pdf>. [Accessed: 07-Jan-2018].
- [12] Mikroelektronika, "SpeakUp 2 click (Product description)," Product Website (MIKROE-2375). [Online]. Available: <https://www.mikroe.com/speakup-2-click>. [Accessed: 25-Jan-2019].
- [13] FTDI, "FT90x series - 32 bit MCU." [Online]. Available: <https://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT90x.html>. [Accessed: 17-Dec-2018].
- [14] Mikroelektronika, "SpeakUp Click - Control the world with your voice!," Product Website. [Online]. Available: <https://www.mikroe.com/blog/speakup-click>. [Accessed: 25-Jan-2019].
- [15] Mikroelektronika, "LoRa click," Product Website (MIKROE-1997). [Online]. Available: <https://www.mikroe.com/lora-rf-click>. [Accessed: 20-Jan-2019].
- [16] Microchip, "RN2483 - Low-Power Long Range LoRa® Technology Transceiver Module," Datasheet. [Online]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/50002346c.pdf>. [Accessed: 22-Jan-2019].

ABSTRACT

Today, there is a vast number of smart devices. These are devices that can connect to a communication network and acquire and share data that is of interest to the user, the manufacturer or anyone. The idea behind the IoT concept is to connect all these devices into a unique system with a large information database. LPWAN low-power networks, such as LoRaWAN, enable the implementation of battery powered remote sensor cells, thus providing great autonomy in the deployment of sensor units. This paper examines the possibility of detecting events based on characteristic sounds (for example, the presence of people, animals, vehicles), where the data acquisition and processing is performed locally, while the LPWAN communication modules forward the processed information.

DETECTING EVENTS BASED ON CHARACTERISTIC SOUNDS USING LPWAN SENSOR MODULES

Laslo Tarjan, Srđan Tegeltija, Branislav Tejić,
Ivana Šenk, Miloš Stanojević