

UDK: 630:004.738.5

Prethodno saopštenje *Preliminary report*

„PAMETNE ŠUME“ – IoT U GAZDOVANJU ŠUMAMA NA ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA

Albina Tarjan Tobolka¹, Laslo Tarjan², Zoran Galić³

Izvod: Upotreba modernih tehnologija, konkretno bežičnih senzorskih mreža koji mogu biti deo koncepta interneta stvari, potpomaže, pojednostavljuje i poboljšava kvalitet i učestalost merenja odnosno monitoringa, u svim sferama današnjice, pa tako i u šumarstvu. Mogućnost kontinuiranog monitoringa, omogućava dobijanje mnogo više podataka posmatranih parametara od uobičajenog manuelnog načina merenja, što omogućava detaljniju analizu posmatranih procesa i pojava. „Pametnim šumama“ se nazivaju šume u kojima se pomoću različitih senzora prikupljaju podaci, koji se dalje prenose bežičnim vidovima komunikacije do oblaka u kojima se skladište, obrađuju i pripremaju za dalju upotrebu. Na ovaj način je moguće manipulirati sa velikim brojem različitih podataka, što je u šumarstvu vrlo čest slučaj.

Rad je fokusiran na mogućnost upotrebe senzorskih mreža i IoT koncepta u šumarstvu, konkretno u delu gazdovanja šumama u zaštićenim područjima i upravljanju zaštićenim područjima koji i inače zahtevaju poseban pristup. Razmatraju se mogućnosti primene, pre svega u smislu praćenja kretanja, ali i drugih promena i dešavanja u zaštićenim oblastima.

Ključne reči: gazdovanje šumama, senzorske mreže, IoT, zaštićena područja, pametne šume

„SMART FORESTS“ – IoT IN FOREST MANAGEMENT IN PROTECTED AREAS

Abstract: *The use of modern technologies, in this case wireless sensor networks, which can be part of the IoT concept (Internet of Things), promotes, simplifies and improves the quality and frequency of measurement or monitoring in all spheres of today, also in forestry. The possibility of continual monitoring, allows getting much more data of the observed parameters than with usual manual measurement methods, which further allows a more detailed analysis of the observed processes and phenomena. "Smart forests" are forests in*

¹ Master Albina Tarjan Tobolka, student doktorskih studija (E-mail: albina.tarjan.tobolka@uns.ac.rs); Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija; ² dr Laslo Tarjan, docent (E-mail: laci@uns.ac.rs); Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija; ³ dr Zoran Galić, naučni savetnik (E-mail: galicz@uns.ac.rs); Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Srbija

¹ Albina Tarjan Tobolka, MSc, PhD student (E-mail: albina.tarjan.tobolka@uns.ac.rs); University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia; ² dr Laslo Tarjan, assistant professor (E-mail: laci@uns.ac.rs); University of Novi Sad, Faculty of technical sciences, Novi Sad, Serbia; ³ dr Zoran Galić, principal research fellow (E-mail: galicz@uns.ac.rs); University of Novi Sad, Institute of lowland forestry and environment, Novi Sad, Serbia

which data are collected using various sensors, and further transmitted by wireless forms of communication to clouds for storage, processing and preparation for further use.

The paper focuses on the possibility of using sensor networks and the IoT concept in forestry, especially in forest management in protected areas and protected area management, which usually requires a special approach. Texas Instrument's (TI) design for ultra low-power (LP) wireless PIR motion detector TIDA-01398 and AiRiCOM's STREGA LoRa Motion Detection sensor for motion detection are presented. Based on the informations from these sensors, besides the presence of people or veicles, the environmental conditions (as temperature) and movements in the forests (tree twisting caused by wind or bumps by trunks cused by illegal logging) can also be monitored. Detection of characteristic noises in forests deriving from presence of peolpe, illegal logging or using motor veicles can be monitored by sensor modules based on passive microphones gathered with adequate passive electronics (condenser micropfone, comparator with potentiometer).

The selected examples applicable in the field of forest management in protected areas claim that wireless sensor networks gathered with the IoT concept open new opportunities for creating usful services in forest science.

Keywords: forest management, IoT, protected areas, sensor networks, smart forests

UVOD

Pojam „internet stvari“ (eng. Internet of Things - IoT) se u današnje vreme široko koristi, ali da bi se razumela potrebno je razjasniti osnovne pojmove i koncepte na kojima počiva. Najpre, sam internet je razvijen sa ciljem da se stvori mreža koja povezuje podatke stvorene od strane različitih ljudi pomoću njihovih računara, a daljim osavremenjavanjem mogućnosti i usluga koje internet pruža stvorili su se uslovi za povezivanje i komunikaciju između različitih uređaja putem interneta (Protasio de Souza i Baiocchi, 2018).

IoT koncept predstavlja mogućnost povezivanja različitih „stvari“ (eng. Things) pomoću interneta. Pod stvarima podrazumevamo objekte (kućne aparate, različite merne senzore, vozila, telefone, tablete, kamere, vrata, prozore, ili bilo koji objekat) u koje je ugrađena elektronika (mikrokontroleri, primopredajnici, senzori, aktuatori, kola za podršku mrežnih procesora) koja može da prenosi podatke na mrežu bez učešća ljudi (Protasio de Souza i Baiocchi, 2018). Svrha, odnosno suština povezivanja različitih objekata počiva u mogućnosti povezivanja istih sa softverskim modulima koji ne samo da primaju informacije, nego na osnovu prethodno zadatih kriterijuma izvršavaju određene unapred zadane, programirane funkcije. Na taj način se dobija sistem u kom „pametne stvari“ (eng. Smart Objects) samostalno izvršavaju pojedine zadatke, bez interakcije ljudi.

Dakle, jedna od definicija IoT koncepta jeste, da ono predstavlja komunikacionu paradigmu koja predviđa da objekti iz svakodnevnog života, pretvoreni u pametne objekte povezane putem interneta, postaju sposobni da komuniciraju jedni sa drugima i sa korisnicima (Cleonilson i Orlando, 2018; Zanella et al., 2014; Atzori et al., 2010). Sama mogućnost komunikacije između velikog broja objekata i izvršavanja pojedinačnih unapred zadatih funkcija naslućuje bezbroj mogućnosti korišćenja kako u svakodnevnom životu građana, tako i u industriji, poljoprivredi, šumarstvu, ali i državnoj administraciji (Zanella et al.,

2014). Cilj i svrha IoT koncepta je da pametni objekti u okruženju ljudi sami prepoznaju volju, želje i potrebe ljudi i da na osnovu toga bez dodatnih instrukcija pružaju usluge odnosno izvršavaju određene zadatke (Atzori et al., 2010; Protasio de Souza i Baiocchi, 2018). Koncept se primenjuje u različitim sferama pa se stvaraju pametni gradovi, pametne zgrade, pametne fabrike (eng. smart city, smart building, smart factory). U tom smislu, uzimajući u obzir i ekološka pitanja i stanje planete zemlje, razumljivo je da se koncept širi i na oblasti gazdovanja prirodnim resursima i zaštite prirode. Pojavljuju se novi koncepti poput pametnih šuma, pametnih plantaža ili pametnih farmi (eng. smart forest, smart plantation, smart farming), u kojima se „pametnim objektima“ smatraju stabla, prirodne tvorevine poput stena, plutajući trupci u reci, voće na voćkama, štale, krave ili praktično bilo šta u prirodnom okruženju (Protasio de Souza i Baiocchi, 2018).

Protasio de Souza i Baiocchi, (2018) navode i pojam interneta prirodnih stvari (eng. IoNaT – Internet of Natural Things) kojim pokušavaju objasniti mrežu prirodnih objekata sposobnih da komuniciraju jedni sa drugima i da šalju podatke na internet i pružaju usluge sa ciljem da potpomognu svoje okruženje. Nadalje, isti autori navode primer pametnog stabla koji komunicira sa drugim stablima. Kada temperatura stabala postane previsoka (ukazujući na mogući požar), podaci se automatski šalju obližnjim vatrogascima, opštinskim službama i građanima u blizini šume. Na taj način je moguće reagovati znatno brže, još pre ili na početku požara, i sačuvati vredne prirodne resurse, ali i ljude (kako vatrogasce, koji se bore protiv plamena, tako i lokalno stanovništvo) (Protasio de Souza i Baiocchi, 2018).

Gingras i Charette, (2017) navode pojam interneta šume (eng. IoF – Internet of Forest), koncepta analognog sistemu IoT, koji ima za cilj da omogući razmenu podataka u realnom vremenu. Isti autori smatraju da IoF koncept ima potencijal da reši probleme koje proističu iz činjenice da se šume u Kanadi nalaze na udaljenim i velikim površinama, a naglasak stavljaju na razmenu podataka između pametnih stvari i centara odlučivanja.

U ovom radu koristiće se termin IoT, koji se naučno široko istražuje i koristi, umesto termina IoNaT ili IoF koji su uvedeni tek od strane nekolicine autora, te verifikacija i termina i samog koncepta tek predstoji za buduća istraživanja.

„Pametne šume“

Pametnim šumama se nazivaju šume koje su opremljene sensorima radi praćenja stanja i uslova sredine u šumi sa ciljem da se preduprede prirodne nepogode (na pr. šumski požari) ili detektuju druge promene i dešavanja u šumi.² Bežične senzorske mreže (eng. WSN - wireless sensor networks) predstavljaju grupe povezanih senzora, koji komuniciraju jedni sa drugima i obrazuju mrežu, bez korišćenja žica i kablova (Bayne et al., 2017). Senzori mogu meriti ekološke (na pr. meteorološke podatke) ili fizičke parametre (na pr. prečnik stabla) koji se dalje mogu koristiti za različite namene (na pr. otkrivanje požara ili praćenje korelacije između promena uslova sredine i prirasta). Povezivanjem bežične senzorske mreže

² Izvor: SmartForest - Smart sensing for a green future. <http://smartforest.pt> – pristup decembar 2018.

sa internetom stvara se mogućnost primene IoT koncepta, tako što izmereni podaci bivaju preneseni, analizirani i prezentovani u formi koja omogućava davanje odgovarajućeg odgovora na primljene podatke. Ovaj koncept utiče i oblikuje skoro sve industrijske grane današnjice i postoji mogućnost da će uzrokovati značajne promene i u oblasti šumarstva (Bayne et al., 2017).

Jedan od glavnih razloga za primenu bežičnih senzorskih mreža u šumarstvu jeste poboljšanje načina gazdovanja šumama i upravljanja prirodnim područjima, sa ciljem da se omogući kontrola uslova sredine i dešavanja u šumi u realnom vremenu, i da se omogući davanje brzih odgovora na promene uslova sredine koji iziskuju promene u gazdinskom tretmanu i načinu upravljanja prirodnim resursom (Bayne et al., 2017). Glavna dobit od korišćenja bežičnih senzorskih mreža leži upravo u mogućnosti prenosa informacija u realnom vremenu pomoću mreže i proceni potrebnih postupaka korišćenjem prediktivne analitike.

Druga korist korišćenja bežičnih senzorskih mreža jeste sticanje uvida u uzajamnu zavisnost različitih merenih podataka u realnom vremenu i na taj način omogućavanje detaljnije analize situacije sa ciljem donošenja bolje utemeljenih odluka i preduzimanja daljih koraka. Mogućnost automatizacije i optimizacije različitih radnji u šumarstvu predstavlja prednost primene koncepta u praksi (npr. isključivanje mehanizacije kada postane neefikasna ili uključivanje/isključivanje svetala/zalivnih sistema/dodavanja prihrane u rasadnicima, itd.). Suština sistema, potrebno je ponovo naglasiti, jeste u autonomnosti, tj. sposobnosti preduzimanja određenih koraka na osnovu primljenih podataka iz šume, bez interakcije ljudi (Bayne et al., 2017).

PRIMENA IoT KONCEPTA U ŠUMARSTVU

Upotreba bežičnih senzorskih mreža u poljoprivredi, industriji i zaštiti prirode je dosta raširena, dok je upotreba iste u šumarstvu još uvek u manjoj meri zastupljena, mada postoje značajni pokušaji i istraživanja (Kovács et al, 2010; Protasio de Souza i Baiocchi, 2018; Bayne et al., 2017). U poljoprivredi se ovaj koncept već koristi radi praćenja i kontrole proizvodnje (na primer praćenje i podešavanje sistema za upravljanje uslovima sredine u staklenicima i plastenicima u hortikulturi), skladištima (npr. uslova sredine, temperature i vlažnosti vazduha i zemljišta). Takođe, jedan od vidova korišćenja je i procena indeksa površine lišća (eng. leaf area index) sa ciljem merenja prirasta biljke (Qu et al, 2014). U ekološkim istraživanjima se koncept koristi za praćenje pojave određenih vrsta ptica na proleće ili početka listanja (Harris, 2015). Primena koncepta za predviđanje šumskih požara ja takođe raširena, što se koristi i u komercijalnom smislu (Fernandes, 2010; SmartForest, 2018).

Spajanje bežičnih senzorskih mreža sa konceptom IoT otvara ogromnu mogućnost za kreiranje servisa koji bi mogli biti od koristi zainteresovanim stranama u šumarstvu, pre svega onima koji gazduju šumama, koji vrše nadzor nad zaštićenim oblastima, stručnjacima iz oblasti zaštite prirode, istraživačima, ali i onima koji u prirodu idu radi rekreacije i opuštanja.

Gazdovanje šumama u zaštićenim područjima

Na osnovu Zakona o šumama Republike Srbije gazdovanje šumama predstavlja skup harmonizovanih tehničkih, tehničko-tehnoloških, ekonomskih, organizacionih i društvenih aktivnosti sa ciljem zaštite, održavanja, poboljšanja stanja i korišćenja šuma (Narodna skupština Republike Srbije, 2016). Zaštita prirode se može definisati kao multidisciplinarni pristup upravljanju prirodnim resursima, sa ciljem rešavanja različitih pitanja upravljanja prirodom na održiv način (Panjković et al., 2016).

Gazdovanje šumama u zaštićenim područjima je uslovljeno principima i uredbama kako šumarstva, tako i zaštite prirode, iz čega proizlazi da treba da teži postizanju ciljeva obe struke. Pošto su šume vrlo kompleksan i izuzetno vredan prirodni resurs, potrebno je primeniti mere koje su najprikladnije uslovima sredine na terenu. Uslovi sredine se mogu značajno menjati i u vrlo kratkom vremenu, što implicira da bi kontinuirana merenja, ili još bolje monitoring u realnom vremenu značajno doprineli uspešnosti gazdovanja šumama u zaštićenim područjima.

U ovom radu se istražuju mogućnosti primene IoT koncepta, i pametnih šuma u gazdovanju šumama na zaštićenim područjima, te se i rešenja koja će se predstaviti odnose na specifične zahteve. Naime, glavni izazovi vezano za primenu koncepta pametnih šuma proističu iz karakteristika prirodnih resursa poput šuma. Pošto su šume udaljene od izvora električne energije izboru sistema napajanja je potrebno posvetiti posebnu pažnju. Nadalje, zbog velike gustine vegetacije, praktično u bilo kom spratu, potrebno je primeniti sistem koji može efikasno komunicirati i u uslovima prisustva vegetacije (Protasio de Souza i Baiocchi, 2018).

Razmatraju se mogućnosti davanja odgovora na specifične zahteve u zaštićenim oblastima kao što su praćenje kretanja, detekcija i prepoznavanja zvukova sa ciljem određivanja kretanja vozila ili neželjenih radnji (na primer upotreba motorne testere prilikom nelegalnih seča) i praćenje parametra uslova sredine. Različite opcije su razmatrane sa ciljem rešavanja predstavljenih zadataka, a u radu se prikazuju mogućnosti koji su sposobni da ispune zadate kriterijume.

Rad uključuje elemente analize dokumenata u kombinaciji sa izučavanjem dostupne literature iz oblasti bežičnih senzorskih mreža i IoT koncepta u smislu moguće aplikacije u šumarstvu. Analiza dokumenata predstavlja iterativni proces koji uključuje čitanje i tumačenje relevantnih podataka, koji u kombinaciji sa analizom sadržaja i tematske analize dovodi do novih otkrića (Bowen, 2009).

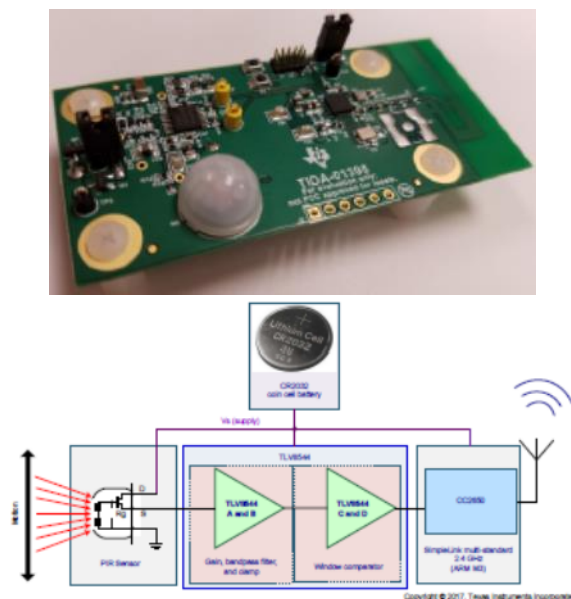
Sastavni delovi senzorske mreže

Gradivni elementi bežične senzorske mreže su senzorski čvorovi (eng. sensor nodes), iz čega proističe da je projektovanje čvorova veoma značajan zadatak. Tokom razvoja potrebno je napraviti kompromis između složenosti, funkcionalnosti, potrošnje energije i naravno vremena i finansijskih aspekata (Kovács et al, 2010). Tokom projektovanja bežičnih senzorskih mreža za potrebe merenja u šumarstvu potrebno je posvetiti posebnu pažnju na potrošnju senzorskih čvorova, usled nedostatka stalnog napajanja u šumi. U takvim slučajevima napajanje

čvora se obavlja iz baterijskog napajanja koji se može dodatno dopunjavati iz nekog obnovljivog izvora (solarnih panela ili vetro-generatora). Primena širokopojasne mreže niske potrošnje energije (eng. low-power wide area network – LPWAN) IoT senzorskih modula je poželjna u ovim situacijama. LPWAN bežična WAN (eng. wide area network - WAN) koja povezuje uređaje niskog propusnog opsega, i niske potrošnje energije (baterije) koristeći male brzine prenosa podataka, ali veliki domet. Brzina prenosa podataka kreće se od 0,3 kbit/s do 50 kbit/s po kanalu (Adeiantado et al, 2017).

Detekcija kretanja pomoću LPWAN PIR senzora

PIR (eng. passive infrared sensor) senzori pokreta su senzori koji se mogu koristiti u aplikacijama sa malom potrošnjom energije, jer je sa njima moguće probuditi upravljački uređaj, koji je zarad smanjivanja potrošnje dok nema detekcije u režimu „spavanja“ (eng. stand-by), a nakon detekcije se „budi“ i šalje informaciju o detekciji sledećem uređaju ili serveru.



Slika 1. Izgled (levo) i blok šema (desna) PIR bežičnog senzora sa ultra niskom potrošnjom energije (TI, 2017)

Figure 1. Design (left) and block scheme (right) of an Ultra-Low-Power Wireless PIR Motion Detector (TI, 2017)

Prva mogućnost za sistem detekcije kretanja je primenom bežičnog PIR detektora pokreta TIDA-01398 proizvođača *Texas Instruments*, koji je projektovan kao modul sa niskom potrošnjom energije, koji obezbeđuje od 8 do 10 godina radnog veka iz samo jedne litijum jonske (eng. lithium-ion) baterije CR2032 (TI, 2017). Radi se o kompaktnom dizajnu elektronike (Slika 1) koji obezbeđuje

samostalnu gradnju WSN, jer se radi o modulu koji se može proširiti ili ugraditi u već postojeći sistem. Ovaj senzorski modul omogućava detekciju pokreta do udaljenosti od 9 m. Kompletan modul je u režimu spavanja sve dok ne dođe do aktivacije PIR senzora, koji onda preko bežične komunikacije šalje obavještenje dalje na definisani server. *Texas Instruments*-ov *SimpleLink* mikrokontrolerska platforma sa ultra niskom potrošnjom energije obezbeđuje mogućnost komunikacije preko *Bluetooth*, *ZigBee*, *6LoWPAN* ili *ZigBee RF4CE* interfejsa (TI, 2017).

Druga mogućnost je korišćenje nekih od komercijalno dostupnih sistema kao što je na primer *STREGA LoRa Motion Detection sensor* proizvođača *AiRiCOM* (Airicom, 2018). Ovaj sistem (Slika 2) je zapravo senzor za detekciju prisustva i kretanja sa kombinacijom senzora temperature koji služi za detekciju uslova sredine. Odlikuje ga izrazito niska potrošnja energije i predviđen je kako za unutrašnju tako i za spoljašnju upotrebu, u industrijskim ali i u neindustrijskim uslovima. (Airicom, 2018). Sa ovim sistemom može da se detektuju sledeće promene: udar, promena nagiba i orijentacije, kretanje, okretanje, vibracija, merenje i detekcija promene temperature, itd.



Slika 2. LoRaWAN senzor za detekciju kretanja (Airicom, 2018)

Figure 2. LoRaWAN Motion Detection sensor (Airicom, 2018)

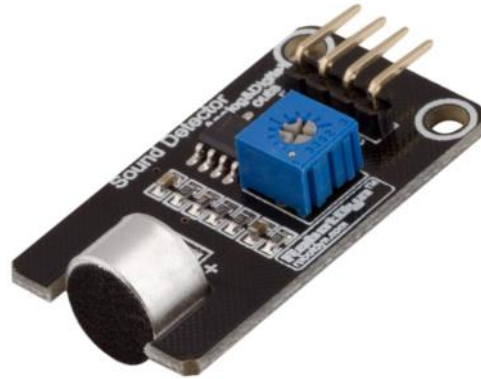
Na osnovu ovih senzorskih informacija može se pored kretanja pratiti temperatura okoline, kao i druga pomeranja u šumi poput uvijanja drveća usled vetra, ili udara stabala (npr. usled nelegalne seče). Napajanje uređaja je pomoću jedne AA ćelije *Lithium Thionyl Chloride* baterije na 3,6 V, koji sistemu (uređaju) obezbeđuje 6+ godina autonomiju ako je učestalost slanja izveštaja ograničena na četiri puta dnevno (Airicom, 2018).

Detekcija i prepoznavanje buke pomoću LPWAN

Detekcija karakteristične buke u šumi koja proističe od prisustva ljudi (na pr. usled ilegalne seče) ili upotrebe motornih vozila na zaštićenom području, nije uopšte lak zadatak, jer u šumi uvek postoje određeni šumovi usled vetra, kretanja životinja, itd. Naravno, nivo ustaljenog šuma se može izmeriti sprovođenjem merenja u određenom vremenskom intervalu na posmatranom lokalitetu na kome se sistem želi implementirati. Na osnovu dobijenih vrednosti za ustaljeni šum, sistem

za detekciju se može podesiti tako da se osnovni šum filtrira i da ne dovodi do detekcije.

Senzorski moduli zasnovani na pasivnim mikrofonom uz upotrebu adekvatne pasivne elektronike omogućavaju prilično laku detekciju zvuka (buke), kao i analogni prenos iste, što omogućava dalju obradu zvuka. Primer ovakvog modula prikazan je na Slici 3, na kom se vidi mali kondenzatorski mikrofoni za prijem zvuka i komparator sa potencijometrom za podešavanje praga detekcije. Digitalni signal iz komparatora se može iskoristiti kao okidač za pokretanje snimanja i analize zvuka sa mikrofona.



Slika 3. Modul mikrofonskog detektora zvuka (glasa)

Figure 3. Microphone Sound (Voice) Detector module

Prenos snimljenog zvuka preko WSN u nekim slučajevima iziskuje prenos velike količine podataka, što nije moguće ukoliko se koriste LPWAN rešenja, kako zbog potrošnje uređaja tako i zbog ograničenja u ukupnom vremenu zauzeća korišćenog opsega radio frekvencije (RF) (Tarjan et al, 2018; RATEL, 2013). Ostaje mogućnost da se obrada zvuka završi na lokalnu, na nivou mikrokontrolera senzorske jedinice, a da se preko LPWAN prenese samo već obrađen podatak (informacija, upozorenje, i sl.). U ovom slučaju neophodno je korišćenje komponenata (mikrokontrolera, komunikacionog interfejsa, itd.) koji obezbeđuje dovoljnu memoriju za snimanje zvuka i dovoljno brzo procesorsko jezgro koji će stići da odradi obradu i izvrši komunikaciju sa ostatkom mreže. Pored matematičke snage kontrolera neophodno je razmotriti i energetska efikasnost, kako se ne bi dobio veliki potrošač i na taj način ugrozilo funkcionisanje LPWAN baziranog sistema.

ZAKLJUČCI

Primena bežičnih senzorskih mreža i na njima baziranog IoT koncepta u šumarstvu je nedovoljno istražena, iako postoje inicijalna istraživanja i u naučne i u komercijalne svrhe. Uvidom u postojeća i dostupna rešenja koja se mogu primeniti u oblasti gazdovanja šumama na zaštićenim oblastima izabrani su primeri koji bi dali

adekvatne odgovore na specifične zahteve unutar ove oblasti. Predstavljen je sistem detekcije kretanja primenom bežičnog PIR detektora pokreta *TIDA-01398* proizvođača *Texas Instruments*, koji je projektovan kao modul sa niskom potrošnjom energije i *STREGA LoRa Motion Detection sensor* proizvođača *AiRiCOM* za detekciju kretanja. Na osnovu dobijenih informacija od senzora pored prisustva ljudi ili vozila mogu se pratiti i uslovi sredine (npr. temperatura) i druga pomeranja u šumi (npr. uvijanje stabala usled vetra, ili pad stabala prouzrokovan nelegalnom sečom). Detekcija karakterističnih zvukova u šumi uzrokovanih prisustvom ljudi, nelegalne seče, korišćenja motornih vozila u zaštićenom dobru mogu se pratiti senzorskim modulima zasnovanim na pasivnim mikrofonima uz upotrebu adekvatne pasivne elektronike (kondenzatorski mikrofon, komparator sa potenciometrom) u kombinaciji sa LPWAN modulima.

Izabranim primerima primenljivim u oblasti gazdovanja šumama u zaštićenim oblastima potkrepljuje se tvrdnja da se spajanjem bežičnih senzorskih mreža i koncepta IoT otvaraju ogromne mogućnosti za kreiranje servisa koji bi mogli biti od koristi zainteresovanim stranama u šumarstvu. Dalja istraživanja primene IoT koncepta u šumarstvu treba tek da istraže i rasvetle mnogobrojne mogućnosti primene ove moderne tehnologije u šumarstvu.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Collegium Talentum 2017 Programa Republike Mađarske i deo je ostvarenih rezultata projekata koje je finansijski podržao Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Autonomne Pokrajine Vojvodine, kroz projekat *Primena Interneta stvari sa niskom potrošnjom energije i distribuiranom inteligencijom u uslovima elementarnih nepogoda i katastrofalnih događaja*, broj 142-451-3578/2017.

LITERATURA

- Adelantado, F., Vilajosana, X., Tuset-Peiro, P., Martinez, B., Melia-Segui, J. and Watteyne, T. (2017): Understanding the Limits of LoRaWAN. *IEEE Commun. Mag.* 55(9): 34–40.
- Airicom, “Lorawan Motion Detection Sensor“ (2018): <https://www.airicom.ae/produit/lorawan-motion-detection-sensor/>. (Pristup: 25.11.2018).
- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010): The internet of things: A survey. *Computer Networks* 54(15): 2787-2805.
- Bayne, K., Damesin, S., Evans, M. (2017): The internet of things - wireless sensor networks and their application to forestry. *New Zealand Journal of Forestry* 61. 37-41.
- Bowen, G. A. (2009): Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal* 9(2): 27-40.

- Fernandes, P. M. (2010): Creating fire-smart forests and landscapes. *Mediterranean Forest Week of Antalya. Forêt méditerranéenne* t. XXXI(4): 417-422.
- Gingras, J.-F., Charette F. (2017): FPInnovations' Forestry 4.0 Initiative. FPInnovations, Montreal, Canada. http://cofe.org/files/2017_Proceedings/FPInnovations%20Gingras%20Charette%20Forestry%204.0%20for%20COFE%202017.pdf (Pristup: 25.11.2018).
- Harris, M. (2015): A Web of Sensors Enfolds an Entire Forest to Uncover Clues to Climate Change. *IEEE Spectrum*, 26 February 2015. <https://spectrum.ieee.org/green-tech/conservation/a-web-of-sensors-enfolds-an-entire-forest-to-uncover-clues-to-climate-change> (Pristup: 20.11.2018).
- Kovács, Z. G., Marosy, G. E., Horváth, G. (2010): Case study of a simple, low power WSN implementation for forest monitoring. *BEC 2010 - 2010 12th Bienn. Balt. Electron. Conf. Proc. 12th Bienn. Balt. Electron. Conf.*, no. June: 161–164.
- Narodna skupština Republike Srbije (2016): Zakon o šumama. *Službeni Glasnik RS* 27/98, 91/06, 81/08, 30/10, 93/12, 89/15, 14/16.
- Panjковиć, B., Šipka, S., Maksimović, D. (2016): Zaštićena područja prirode u AP Vojvodini: Status zaštite i finansiranje u kontekstu evropskih integracija. (Protected areas in the AP Vojvodina: Protection status and funding in the context of European integrations.) Ekološki centar Stanište, Vršac.
- Protasio de Souza C., Baiocchi O. (2018): Energy Resources in Agriculture and Forestry: How to be Prepared for the Internet of Things (IoT) Revolution. 10.5772/intechopen.74940.
- Qu, Y., Zhu, Y., Han, W., Wang, J., Ma, M. (2014): Crop Leaf Area Index Observations With a Wireless Sensor Network and its Potential for Validating Remote Sensing Products. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7(2): 431–444.
- RATEL (2013) Pravilnik o opštem ovlašćenju za frekvencije SG2813, Broj: 1-01-3400-3/13: http://www.ratel.rs/upload/documents/Regulativa/Pravilnici/Radiokomunikacije/Pravilnik_o_opstem_ovlascenju_za_frekvencije_SG2813.pdf. Pristup: 30.11.2017.
- Tarjan, L., Tejić, B., Dragičević, D., Ostojić, G., Đukić, N. (2018): 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.
- TI (2017): Ultra-Low-Power Wireless PIR Motion Detector for Cost- Optimized Systems Reference Design - Data Sheet: <http://www.ti.com/lit/ug/tiducu5/tiducu5.pdf>. (Pristup: 26.11.2018).
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M. (2014): Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things (IoT) Journal* 1(1):22-32.