

PRISTUP ANALIZI POTROŠNJE ENERGIJE BEŽIČNIH SENZORSKIH STANICA

Dalibor Dobrilović, Borislav Odadžić, Vladimir Šinik
Univerzitet u Novom Sadu – Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Srbija
ddobrilo@tfzr.rs, borislav.odadzic@gmail.com, sinik.vladimir@tfzr.uns.ac.rs

Sadržaj: *Razvoj i sve šira zastupljenost bežičnih senzorskih mreža (WSN) i Interneta inteligentnih uređaja (IoT), kao i očekivani porast broja senzorskih stanica u sledećih nekoliko godina, ističu sve veći značaj analize potrošnje energije tih stanica. Način povezivanja WSN i IoT stanica može biti raznolik u pogledu tehnologije koje koriste za prenos podataka, a trenutno u toj oblasti dominiraju bežične tehnologije kao što su: IEEE 802.11 WLAN, ZigBee, Bluetooth Low Energy i dr. U ovom radu je predstavljen pristup u analizi potrošnje energije bežičnih senzorskih stanica zasnovan na open-source hardveru.*

Ključne reči: *Open source hardver, potrošna energije, bežične senzorske mreže (WSN), Internet of Things, radio transiveri*

1. Uvod

Razvoj i sve šira zastupljenost bežičnih senzorskih mreža (eng. Wireless Sensor Networks - WSN) i Interneta inteligentnih uređaja (eng. Internet of Things - IoT), kao i očekivani porast broja senzorskih stanica u sledećih nekoliko godina, ističu sve veći značaj analize potrošnje energije tih stanica. Prema [1] potencijal bežičnih senzorskih mreža će revolucionarizovati naše shvatanje i razumevanje interakcije sa okolinom. Upravo takvo sagledavanje ove pojave je privuklo pažnju akademskih institucija i industrije. Eksperimentalne aplikacije koje su razvijene pokrivalo su gotovo sve aspekte od naučnog istraživanja, preko zdravstva i nege do industrijskog monitoringa. Takve aplikacije su svakako pružile i motivaciju za dalji razvoj WSN sistema i dovele do mnogih teoretskih i praktičnih dostignuća.

IoT (eng. Internet of Things) ili Internet inteligentnih uređaja prema [2] predstavlja sistem u kome su objekti iz okruženja i svakodnevnog života koje se mogu nazivati “stvari” (eng. *things*), “objekti” (eng. *objects*), ili “mašine” (eng. *machines*) unapređeni računarskom i komunikacionom tehnologijom i povezani na računarsku mrežu. U takvom okruženju, tehnologije za povezivanje pružaju mogućnost da se može ostvariti veliki broj servisa baziranih na „*person-to-person*“, „*person-to-machine*“,

„*machine-to-person*“ i „*machine-to-machine*“ interakciji. Tako povezani objekti/stvari postaju novi Internet korisnici koji generišu saobraćaj u Internet okruženju koji se širi.

Procenu mogućeg broja navedenih uređaja teško je izneti, ali po nekim procenama taj broj može da dosegne 26 milijardi u 2020. godini [3]. Takođe, prognoze za broj uređaja koji se mogu povezati na Internet jednom od raspoloživih tehnologija je procenjen na 50 milijardi za 2020. godinu. Za sada je najveći rast IoT uređaja vezan za 2015. godinu [5]. Veliki broj uređaja će biti postavljen na mestima na kojima se mora obezbediti autonomija napajanja, tj. napajanje iz sopstvenih baterija. Na taj način se pitanje njihove energetske efikasnosti ozbiljno ističe. Budući da je važan segment ovog sistema komunikacija i njegovo povezivanje sa ostatkom mreže, veoma je bitno proučiti koliko komunikacioni moduli troše energije u toku prenosa podataka.

Način povezivanja WSN i IoT stanica može biti raznolik u pogledu tehnologije koje se koriste za prenos podataka, a trenutno u toj oblasti dominiraju bežične tehnologije kao što su: IEEE 802.11 WLAN, ZigBee, Bluetooth Low Energy i dr. U ovom radu je predstavljen pristup u analizi potrošnje energije bežičnih senzorskih stanica zasnovan na open-source hardveru. Open-source hardverska platforma zasnovana na Arduino UNO mikrokontrolerskim pločama, predstavljena u ovom radu, pruža mogućnost kreiranja fleksibilne platforme, niske cene koja može da omogućiti ovakva istraživanja.

2. Tehnologije bežičnih senzorskih mreža

Kao što je rečeno, način povezivanja WSN i IoT stanica može biti raznolik u pogledu tehnologije koje koriste za prenos podataka, a trenutno u toj oblasti dominiraju bežične tehnologije kao što su: IEEE 802.11 WLAN, ZigBee, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, IEEE 802.15.4, Z-Wave, 6LoWPAN i dr. Neke od tehnologija dominiraju samo u industrijskim okruženjima, kao npr. WirelessHART i ISA100.11a [6].

ZigBee [7,8] je standard koji definiše set komunikacionih protokola za bežično umrežavanje na malim rastojanjima i sa malim brzinama prenosa podataka (eng. *low-data-rate*). ZigBee bazirani bežični uređaji rade na frekvencijama od 868 MHz, 915 MHz i 2.4 GHz. Maksimalna brzina prenosa podataka je 250 kb/s i ZigBee je prevashodno usmeren na aplikacije gde se vrši napajanje stanica iz baterija i gde su mala brzina prenosa, mala cena i dug život baterija glavni zahtevi.

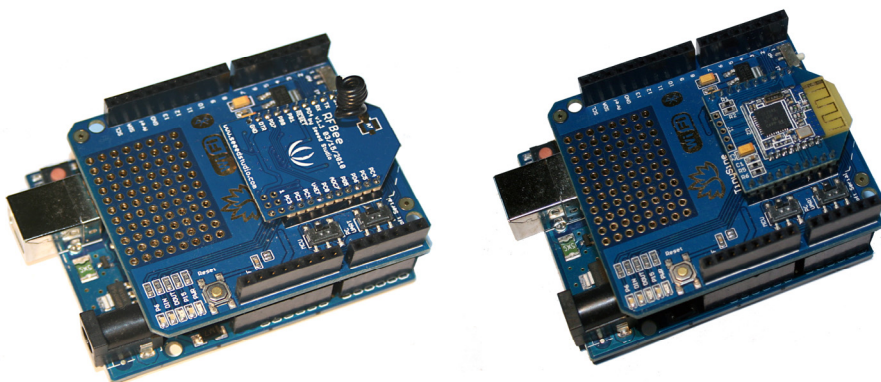
Bluetooth Low Energy (BLE), koji se takođe naziva i Bluetooth Smart, je započeo kao deo Bluetooth 4.0 Core specifikacije [9]. Iako izgleda da je BLE manja i veoma optimizovana verzija klasične Bluetooth tehnologije, u stvarnosti, BLE ima u potpunosti različit cilj. Originalno je razvijen od strane kompanija Nokia kao Wibree pre nego što je prihvaćen od strane Bluetooth Special Interest Group (SIG). Fokus u razvoju ovog standarda je bio da se razvije radio standard sa najmanjom mogućom potrošnjom električne energije, specijalno optimizovan za jednostavne, nisko budžetne aplikacije sa malim brzinama prenosa podataka. BLE koristi 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific, and Medical) opseg koji se deli u 40 kanala od 2.4000 GHz do 2.4835 GHz. 37 kanala se koriste za prenos podataka, a zadnja tri kanala (37, 38 i 39) se koriste za oglašavanje sa ciljem uspostavljanja veze i slanja broadcast poruka. Standard koristi FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) tehniku proširenog spektra. Koristi se modulacija Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK), koja omogućava limit od 1 Mb/s za brzinu prenosa

podataka, koja se u praksi ne može postići. U Bluetooth Low Energy mreži postoje dva tipa uređaja - centralni uređaj ili master i periferni uređaj ili slave.

IEEE 802.15.4 je razvijen kao low-rate WPAN (Wireless Personal Area Network) standard za fiksne, prenosive ili uređaje u pokretu. Kod razvijanja ovog standarda osnovni cilj je bio stvaranje jednostavnog ali fleksibilnog protokola. IEEE 802.15.4 mreža se sastoji od dva uređaja različitog tipa: full-function device (FFD) i reduced-function device (RFD). FFD može da radi u tri moda i to kao mrežni koordinator (eng. *network coordinator*), koordinator (eng. *Coordinator*) ili mrežni uređaj (eng. *network device*). Tipične brzine prenosa za low-rate WPAN uređaje su 250 kb/s, 40 kb/s i 20 kb/s. Tehnologija koristi 16 kanala za prenos podataka u 2.4 GHz ISM opsegu. Za ovaj standard postoje dve osnovne arhitekture: zvezda (eng. *star*) ili *peer-to-peer* [10]. Ovaj standard čini osnovu za ZigBee, ISA100.11a, WirelessHART, MiWi i Thread specifikaciju, a alternativno se može koristiti sa 6LoWPAN.

3. Platforma za analizu potrošnje energije komunikacionog modula

Platforma za analizu potrošnje energije predstavljena u ovom radu je bazirana na mikrokontrolerskoj ploči Arduino UNO Rev3. Arduino UNO (u skorije vreme za svetsko, ne-američko tržište se koristi naziv Genuino UNO, a naziv Arduino ostaje za američko tržište) je ploča koja je razvijena u skladu sa open-source principima i zasnovana je na mikrokontoleru ATmega328. Arduino UNO ima 14 digitalnih input/output pinova (od kojih se 6 može koristiti kao PWM ulaz) i 6 analognih ulaza. Pored Arduino UNO varijante, postoji još mnogo drugih varijanti kao što su Arduino Mega2560 koji ima 54 digitalna pina, zatim Leonardo, Mini, Nano, novonajavljeni Arduino 101 i dr.



Slika 1. Platforma za analizu potrošnje senzorskih stanica sa Seeedstudio® RF Bee i BLE Bee modulima

Pored Arduino UNO ploče, jedan ekspanzioni modul za Arduino koji se još naziva i *shield* je važan za ovo istraživanje. To je TinySine® XBee shield v2, mada se za ovo istraživanje može koristiti i bilo koji drugi sličan proizvod druge kompanije. XBee shield je inicijalno razvijen za XBee® IEEE 802.14.5/ZigBee komunikacione module. On omogućava povezivanje XBee modula upotrebom standardnog Bee soketa. Taj soket

ima 2 x 10 2-mm pinove koje tipično koriste XBee i slični moduli. Na Slici 1 je prikazan Arduino UNO sa XBee *shield*-om i dva modula sa Bee soketom. U ovom slučaju to su Seeedstudio® RF Bee i BLE Bee. Ova konstrukcija je sklopiva i za to sklapanje nije potrebno lemljenje (eng. *solderless*).

Danas, kao rezultat principa *open-source* hardvera, na tržištu postoji veliki broj modula koji su kompatibilni sa XBee *shield*-om i sa podrškom za sledeće tehnologije: ZigBee (XBee® Series 2, XBee® PRO Series 2B, Seeedstudio® MeshBee, Waveshare® Core2530 (B)), IEEE 802.15.4 (XBee® Series 1, XBee® Series 1 PRO), Bluetooth (Bluetooth Bee, X-Bee BEE06, Seeedstudio® WLS04051P, HC06 Bluetooth Bee, HC06 Bluetooth Bee), Bluetooth Low Energy (Seeedstudio® BLE Bee v2.0.0, Seeedstudio® BLE Bee - HM-11, Seeedstudio® BLE (dual model) Bee, TinySine Bluetooth Bee – BLE, Itead BLE Bee CC2541, DFRobot BLE Link), Wi-Fi (Itead ESP8266 Wee, RN-XV WiFly, Wifi Bee-RN-XV, XBee® WiFi, WiFiBee WiFi, RN-XVEE), RFID (RFID 13.56 MHz, RFID 125 kHz), GSM/GPRS (GPRSbee rev.4), GPS (GPS Bee kit) i neki vlasnički protokoli dizajnirani uglavnom za 868 MHz i 915 MHz opseg (Seeedstudio® RFBee v1.1, XBee® Pro 900, Ciseco XRF wireless RF radio, Libelium SX1272 LoRa, etc.). Svi ovi moduli mogu se postaviti na XBee *shield* i na taj način platforma zasnovana na Arduinu i XBee *shield*-u može da posluži za analizu ponašanja pojedinih modula i njihove potrošnje. U nastavku će ukratko biti opisani pojedini moduli grupisani prema tehnologiji koju podržavaju.

XBee® moduli kompanije Digi International Inc. se lako koriste, imaju jedinstven raspored pinova: 2 x 10 pinova sa razmakom od 2mm. Za konfiguraciju se mogu koristiti AT komande, kao i specijalizovani program XCTU. Postoje varijante sa RP-SMA i U.FL konektorom za antene, zatim sa PCB ili žičanim antenama. Pored Digi International kompanije, ZigBee module sa Bee soketom koji se mogu postaviti na isti *shield*, razvijaju kompanije Seeedstudio i Waveshare.

Bluetooth i Bluetooth Low Energy moduli dolaze u raznim varijantama i proizvodi ih veliki broj proizvođača. U proseku, po ceni su jeftiniji od ZigBee modula, podržavaju samo Bluetooth ili Bluetooth Low Energy tehnologiju, a postoji i jedan modul koji podržava oba standarda - BLE (dual model) Bee. RF moduli rade u ISM opsegu od 868MHz i 915MHz, koriste vlasničke protokole i mogu biti namenjeni za kraće domete: do 50m u zatvorenom prostoru i do 120m na otvorenom prostoru (Seeedstudio® RF Bee), 300m – 570m na otvorenom prostoru (Ciseco XRF) ili do 10-22 km LOS (XBee® Pro 900 i Libelium SX1272 LoRa).

Wi-Fi moduli imaju podršku za IEEE 802.11b/g standard. RN-XV modul je baziran na robusnom Roving Networks RN-171 Wi-Fi modulu koji na sebi sadrži 802.11b/g radio, 32 bitni procesor, TCP/IP protokol stek, real-time clock, crypto accelerator, power management unit, interfejs za analogni senzor, tri moda rada (infrastructure, Ad hoc i AP) i sigurnost (WEP, WPA, WPA2). U skorije vreme sve veća popularnost imaju Wi-Fi moduli bazirani na ESP8266 čipu. Jedan od modula sa Bee soketom koji koristi ESP8266 je podržan od strane kompanije Itead.

Global Positioning System (GPS) moduli podržavaju NMEA-0183 protokol i omogućavaju kombinaciju informacija o poziciji sa senzorskim podacima. GPS moduli su idealni za gradnju mobilnih senzorskih stanica. GPRS moduli kao što je GPRSbee koriste SIM kartice u MicroSIM formi. Jezgro čini SIM900 modul koji radi na naponu od 3.5 - 4.5 volti sa strujom do 2A u toku slanja podataka. GPRSbee se napaja direktno iz

3.7 V LiPo baterije. GPRSbee ima dva JST soketa, jedan za bateriju a drugi za napajanje glavne ploče. RFID [11, 12] moduli imaju veliku važnost za IoT aplikacije. RFID sistem se sastoji od čitača i taga i transpondera. Moduli koji se nalaze na tržištu rade u opsegu od 125 kHz i 13.56 MHz i mogu da rade kao čitači i pisari. Trenutno, bar dva modula na tržištu koriste Bee soket, ali postoje i drugi moduli koji se na druge načine, lako mogu povezati sa Arduinoom i sličnim platformama.

U Tabeli 1. su prikazani moduli koji su korišćeni u ovom istraživanju da bi se analizirala potrošnja električne energije. U tabeli su dati i podaci o potrošnji tih modula prema specifikaciji. U toku eksperimenta korišćeno je iskustvo iz prethodnih istraživanja baziranih na Arduino platformi [13, 14, 15].

Tabela 1. Vrednosti struja za određivanje potrošnje različitih komunikacionih modula senzorskih uređaja

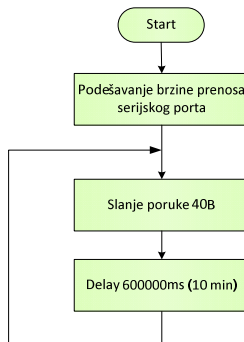
Model	Protocol	Frequency	Tx current	Rx current	Idle / sleep current
Seeedstudio® MeshBee	ZigBee Pro	2.4 GHz	15 mA	17 mA	0.12 μ A
Seeedstudio® RFBee	Proprietary	868 MHz	34.5 mA	18.1 mA	5.2 mA
XBee® S1	802.15.4	2.4 GHz	45 mA	50 mA	50 mA / < 10 μ A
XBee® S2	Zigbee Pro	2.4 GHz	45 / 30 mA ¹	45 / 38 mA ¹	15 mA
XBee® S2 Pro	Zigbee Pro	2.4 GHz	295/170 mA ²	45 mA	16 mA
Seeedstudio® BLE Bee	BLE	2.6 GHz	15 mA	8.5 mA	6 μ A

¹prva vrednost je za *boost mode enabled*, druga vrednost je za *boost mode disabled*

²170 mA je internacionalna varijanta

4. Merenje potrošnje energije komunikacionih modula

Merenje je izvršeno sa modulima navedenim u Tabeli 1. U toku merenja na Arduino se nalazio *upload*-ovan program prikazan na Slici 2. Taj program na početku podešava brzinu serijskog porta, i tu se koristi vrednost 9600 bauda za većinu modula, osim u slučaju za Seeedstudio® MeshBee modulom kada se koristi 115200 bauda. U svim slučajevima se radi o podrazumevanim vrednostima za module, koje se mogu promeniti. Program (Slika 2) posle inicijalizacije serijskog porta neprekidno, svakih 10 min, šalje poruku dužine 40 ASCII bajta. Period od 10 min. je odabran da bi simulirao interval slanja podataka u bežičnoj senzorskoj mreži koja prati parametre okruženja koje nije previše dinamičko.



Slika 2. Program koji je *upload*-ovan na Arduino

U svim slučajevima jedan (periferni) modul bio je postavljen na Arduino i XBee *shield*, a drugi (centralni) modul je bio povezan sa računarnom preko USB porta.

Napajanje Arduino bazirane senzorske stanice se vršilo uz pomoć baterijskog kućišta sa 8 AA Ni-Mh punjivih baterija. Za svaki modul, merenje je vršeno uz pomoć digitalnog multimetra koji ima RS232 interfejs za povezivanje sa računarom. Trajanje svakog pojedinačnog merenja je 90 min.

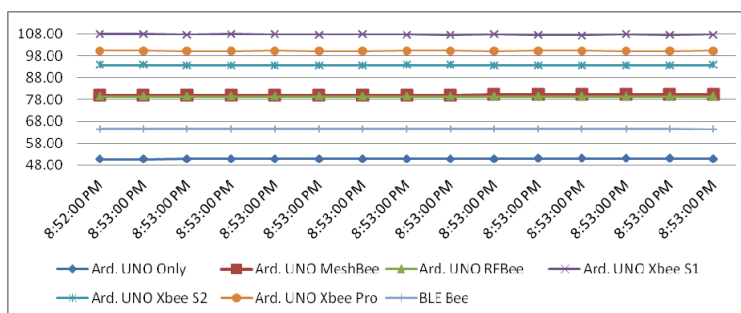
5. Rezultati

Rezultati merenja dati su u Tabeli 2. Potrebno je napomenuti da su kod svih merenja moduli konfigurisani sa minimumom podešavanja potrebnih da se uspostavi komunikacija. Nije se radilo sa podešenim modulima za rad u *sleep* modu. Takođe, kod merenja sa ZigBee modulima, moduli na kojima su vršena merenja su podešeni kao ruteri, tako i da kod njih nije bilo moguće vršiti dalje eksperimente sa potrošnjom energije u *sleep* modu, jer ruteri zbog njihove uloge u mreži i razmene informacija o rutama ne mogu da rade u tom režimu rada.

Tabela 2. Vrednosti struja za određivanje potrošnja različitih komunikacionih modula senzorskih uređaja

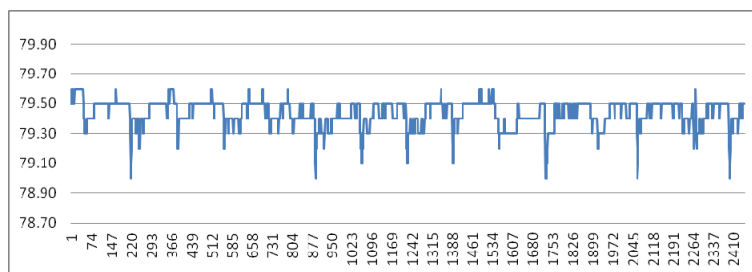
RB	Uredaj	AVG (mA)	MAX (mA)	MIN (mA)	STD	Potrošnja modula (mA)
1	Ard. UNO samostalan	50.11	51.10	49.80	0.17	---
2	Ard. UNO MeshBee	79.46	80.60	78.80	0.15	29.35
3	Ard. UNO RFBee	77.09	80.60	48.40	6.02	26.98
4	Ard. UNO Xbee S1	107.01	108.10	106.40	0.31	56.90
5	Ard. UNO Xbee S2	92.62	94.50	92.00	0.28	42.51
6	Ard. UNO Xbee S2 PRO	99.54	104.00	98.80	0.27	49.43
7	Ard UNO BLE Bee	63.62	64.60	63.30	0.23	13.50

Vrednosti su očitavane svakih 350 ms. Prvo merenje je vršeno samo sa osnovnom Arduino UNO pločom bez komunikacionih modula. U zadnjoj koloni Tabele 2 data je izmerena potrošnja samog modula. Najmanja potrošnja je izmerena na BLE Bee modulu. Na Slici 3 je prikazan grafik potrošnje električne energije u periodu od 1 min. svih modula uporedo.



Slika 3. Prikaz potrošnje svih modula uporedo

Na Slici 4 dat je prikaz potrošnje jednog modula (Seedstudio® MeshBee) u kraćem vremenskom periodu da bi se videle oscilacije potrošnje u vremenu.



Slika 4. Potrošnja Seedstudio® MeshBee modula

6. Zaključak

U radu je prikazan pristup u upotrebi platforme zasnovane na open-source hardveru za analizu potrošnje električne energije komunikacionih modula. Za analizu su korišćeni komunikacioni moduli koji imaju podršku za tehnologije koje se mogu upotrebiti u bežičnim senzorskim mrežama, u ovom slučaju: ZigBee, IEEE 802.15.4, Bluetooth Low Energy i RF vlasnički protokol na 868 MHz. Rezultati merenja su prikazani u Tabeli 2. Najmanju potrošnju imao je modul sa podrškom za Bluetooth Low Energy tehnologiju. Najveću potrošnju ima XBee® S1 modul koji je zasnovan na IEEE 802.15.4 standardu. U toku eksperimenta su se koristili moduli sa osnovnim i minimalnim podešavanjima i nije se eksperimentisalo sa različitim podešavanjima istih modula.

Na osnovu rezultata merenja i iskustva u toku rada sa platformom može se zaključiti da Arduino UNO Rev3 i ostale komponente predstavljaju efikasnu platformu za analizu i eksperimentisanje sa potrošnjom bežičnih senzorskih stanica. U daljem radu će se ova platforma koristiti za merenje potrošnje bežičnih stanica sa optimizovanim podešavanjima komunikacionih modula i procenom ušteda koje se na taj način mogu postići. Optimizacija rada komunikacionih modula će se vršiti sa *sleep* režimima rada, podešavanjem manje snage transmisije, uključivanjem i isključivanjem zaštite i sl.

Literatura

- [1] E. Gaura, L. Girod, J. Brusey, M. Allen, G. Challen, *Wireless Sensor Networks - Deployments and Design Frameworks*, Springer Science + Business Media, LLC, New York, USA, 2010.
- [2] H. Chaouchi, *The Internet of Things - Connecting Objects to the Web*, ISTE Ltd, London, UK, 2010.
- [3] J. Rivera, R. van der Meulen, Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020 [Online], available <http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>, December 12, 2013.
- [4] J. Greenough, "The 'Internet of Things' will be the world's most massive device market and save companies billions of dollars" [Online], available <http://www.businessinsider.com/how-the-internet-of-things-market-will-grow-2014-10>, Business Insider Inc, April 14, 2015.

- [5] P. Baronti, P. Pillai, V. W.C. Chook, S. Chessa, A. Gotta, Y. F. Hu, „Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards“, *Computer Communications*, vol. 30, issue 7, pp. 1655-1695, <http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2006.12.020>, May 26, 2007.
- [6] Ç. Güngör, G. P. Hancke, *Industrial Wireless Sensor Networks - Applications, Protocols, and Standards*, CRC Press, Boca Raton, USA, 2013.
- [7] S. Farahani, *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, Newnes (Elsevier Inc.), Burlington, USA, 2008.
- [8] D. Gislason, *Zigbee Wireless Networking*, Newnes (Elsevier Inc.), Burlington, USA, 2008.
- [9] K. Townsend, C. Cufi, Akiba, R. Davidson, *Getting Started with Bluetooth Low Energy*, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, USA, 2014.
- [10] T. Cooklev, *Wireless Communication Standards a study of IEEE 802.11, 802.15 and 802.16*, IEEE Press, New York, USA, 2004.
- [11] E. Perret, *Radio Frequency Identification and Sensors - From RFID to Chipless RFID*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2014.
- [12] C. Turcu, *Designing and deploying RFID applications*, InTech, Rijeka, Croatia, 2011.
- [13] D. Dobrilovic, Z. Stojanov, B. Odadzic, "Teaching application development for RFID/ZigBee networks using open source hardware", Proceedings of 2014 IEEE X International Symposium on Telecommunications (BIHTEL), 27-29 October 2014, pp 1-6, DOI: 10.1109/BIHTEL.2014.6987641, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2014.
- [14] D. Dobrilovic, Z. Stojanov, B. Odadzic, V. Sinik, "Platform for teaching communication systems based on open-source hardware", IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON 2015, 18-20 March 2015, pp. 737 - 741, DOI: 10.1109/EDUCON.2015.7096051, Tallin, Estonia, 2015.
- [15] D. Dobrilovic, Z. Stojanov, V. Sinik, "Testing Zigbee RF module applicability for usage in temperature monitoring systems, Proceedings of IEEE International 22nd Telecommunications Forum TELFOR 2014, 25-27 November 2014, pp. 415-418, DOI:10.1109/TELFOR.2014.7034436, Belgrade, Serbia, 2014.

Abstract: *Development and wider appliance of Wireless Sensor Networks (WSN) and Internet of Things (IoT), as well as expected growth in number of sensor stations in next few years, point out the growing importance of energy consumption analyses of those stations. There are various ways to connect WSN and IoT stations to the network and it can be different in the sense of data transfer technology used. In this moment, in this area dominate wireless technologies such as: IEEE 802.11 WLAN, ZigBee, Bluetooth Low Energy etc. In this paper is presented the approach in wireless sensor station power consumption analyses based on open-source hardware.*

Keywords: *Open source hardware, energy consumption, wireless sensor networks (WSN), Internet of Things, radio transceivers*

APPROACH IN ANALYSES OF WIRELESS SENSOR NETWORKS POWER CONSUMPTION

Dalibor Dobrilović, Borislav Odadžić, Vladimir Šinik