

Техничко решење М85

Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода

Аутори решења	Милан Малић Панонит, Нови Сад Далибор Добриловић Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Душан Малић Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину Жељко Стојанов Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Срђан Сладојевић Факултет техничких наука, Нови Сад
Назив техничког решења	Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода
Област на коју се решење односи	Информационе технологије
Врста техничког решења	М85 – ново техничко решење у фази реализације
Пројекат на којем је разбијено техничко решење	„Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“ ТР-32044
Наручилац решења	Панонит, Мирослава Антића 7, Нови Сад
Корисник решења	Панонит, Мирослава Антића 7, Нови Сад Технички факултет „Михајло Пупин“ Зрењанин
Година завршетка решења	2018.
Решење прихваћено од	Панонит, Мирослава Антића 7, Нови Сад Технички факултет „Михајло Пупин“ Зрењанин
Решење примењује	Панонит, Мирослава Антића 7, Нови Сад
Година примене решења	2018.
Начин верификације решења	Преглед техничке документације решења, преглед лог фајлова и анализа квалитета LoRa™ линка, тестирање уређаја.
Кључне речи	LoRa™ технологија, бежичне сензорске мреже
Начин коришћења решења	Решење се користи као тест опрема за анализу перформанси рада LoRa™ технологије и њено потенцијално планирање и имплементацију првенствено за окружења паметних градова, са употребом статичних и мобилних станица.

1. Увод

Протеклих година, као надолazeћа група WAN технологија, дефинисана је нова парадигма названа Low-Power Wide Area Network (LPWAN) или мрежа широког подручја мале потрошње. LPWAN технологија има за циљ да покрије подручје преноса података на великим удаљеностима, у оквирима који се могу поредити са мрежама мобилне телефоније и бежичних станица мале потрошње попут оних у Machine-to-Machine (M2M) системима. Тако LPWAN мреже пружају нове могућности за развој и примену бежичних сензорских мрежа или Wireless Sensor Networks (WSN) и Интернета ствари или Internet of Things (IoT). То се све постиже повећањем подручја покривености и употребом уређаја са малом потрошњом енергије на великим удаљеностима [1]. Заједно са дугим животним циклусом батерија и ниским ценама уређаја, покривеност, тј. домет представљају најзначајније карактеристике LPWAN технологија [2]. LPWAN мреже, по значају, представљају за IoT системе исто што WiFi технологија представља у домену омогућавања клијентима приступа Интернету [3].

1.1. Потреба за увођењем техничког решења

На тржишту тренутно постоји велики број LPWAN технологија. Многе од предложених технологија те врсте су у почетној или раној фази развоја, а LoRa™, LoRaWAN, SigFox и Ingepu су само неке од постојећих платформи са највећом перспективом на тржишту [4]. С обзиром на важност које LPWAN технологије имају у WSN, M2M и IoT системима, као и у све присутнијим системима паметних градова, истраживања у области ових технологија имају велики значај и све су присутнија у свету. Због тога је у овом техничком решењу презентован приступ у анализи LoRa™ технологије у урбаном подручју, у случају када се користе стационарне сензорске станице, као и у случају када се користе мобилне станице.

Мобилност бежичних чворова у мрежама оваквог типа у урбаном подручју може се користити у великом броју апликација, од аутомобилске индустрије, преко медицинске неге и праћења пацијената на даљину [5], до разних примена паметне технологије у паметним градовима (smart traffic, smart parking и сл.) па и у беспилотним летелицама или Unmanned Aerial Vehicle (UAV) које се могу користити у градским или приобалним [6] бежичним сензорским мрежама. У раду је анализирана употребљивост LoRa™ технологије, на основу мерења која су вршена између статичне станице (пријемника) и статичке станице (предајника) и статичне станице (пријемника) и покретне станице (предајника). Кретање је вршено по земљи пешачењем и вожњом у путничком аутомобилу, у градском окружењу на подручју града Зрењанина.

1.2. Стање решености проблема у свету

Слична техничка решења која постоје у свету су описана у овој секцији. На техничком универзитету Дортмунд у Немачкој развијен је систем који је дизајниран за мерења у 868 MHz и 433 MHz опсегу [8]. За мерења у 868MHz ISM опсегу коришћена је платформа базирана на Русом LoPy модулима који су коришћени као LoRa™ чворови и gateway. За мерења у 433MHz опсегу као gateway употребљен је Dragino LoRa 433MHz/GPS Hat експанзиони модул повезан на Raspberry Pi. Gateway уређај је био подешен на 3 dBm услед ограничења које ствара хардвер. Чвор за 433 MHz користи Adafruit Feather 32u4 RFM96 433 MHz LoRa радио модул. Мерења су вршена на 8 локација на отвореном и затвореном простору за 868MHz и 433MHz.

У истраживањима на Универзитету Оулу у Финској као базна сензорска станица коришћен је Kerlink's LoRa IoT повезан на D100-1000 антену, која је лоцирана на антенском стубу Универзитета на висини од 24 m изнад нивоа мора, са 2 dBi појачања у опсегу од 100 MHz до 1

GHz. Као крајњи уређај коришћен је LoRaMote, са Semtech SX1272 модулом и Planar-F type PCB антенном. Поред SX1272 модула, коришћен је и GPS модул и сет сензора [2]. Мерења су вршена у четири фазе вожње аутомобилом са 894, 1215, 3898 и 932 послатих пакета, и у две фазе вожње бродом са бројем од 2998 и 690 послатих пакета. У истраживању истих аутора [9] коришћен је LoRaMote сензорски чвор са Semtech SX1272 модулом и Planar-F type PCB антенном. Параметри LoRa модула су подешени на SF=12, BW=125 kHz, и излазном снагом 14 dBm. Подешена је и максимална пријемна осетљивост модула од -137 dBm, што даје укупни радио линк буџет од 150 dB. Као базна станица коришћен је Kerlink LoRa IoT station, која се налазила на Факултету за Информационе технологије и Електро инжењерство. Она је повезана на локалну мрежу која је коришћена као окосница. Базна станица је повезана на антену као и у претходном случају. Мерења су вршена у више етапа на 6 и 12 локација. Број послатих пакета је варирао од локације до локације и износио је 500-600 по локацији или специфичној конфигурацији мерења.

У истраживању [10] експеримент је извршен уз употребу платформе која је базирана на Moteino MEGA. То је платформа са ATmega1284P микроконтролером и HopeRF RFM95 LoRa примопредајником који ради у опсегу 868 MHz. Уређај се напаја са 3.7V батеријом. Платформа има уграђене сензоре као што је Bosch BME280 сензор за температуру и влажност који је повезан преко I2C интерфејса. За логовање података коришћена је SD картица, а за тачно време Maxim DS3231 real-time clock (RTC). Подаци су слати сваке 3 секунде, а сваких 6 минута станица се ресетовала и преузимала је нова подешавања.

Мерења која су вршена уз помоћ платформе која је развијена на универзитету за примењене науке Офенбург у Немачкој, извршена су на 12 локација са по три различите дужине пакета, а за свако мерење послато је 1,000 пакета [11]. Извршена су и додатна мерења на додатних 5 локација у два сценарија са по 1,000 пакета по мерењу.

У овом техничком решењу дизајнирана је платформа која може бити модуларна и применљива за мерење перформанси LoRa™ и других технологија, као и за мерење у случајевима када су обе станице статичне или мобилне или када је једна статична, а друга мобилна.

2. Детаљан опис техничког решења

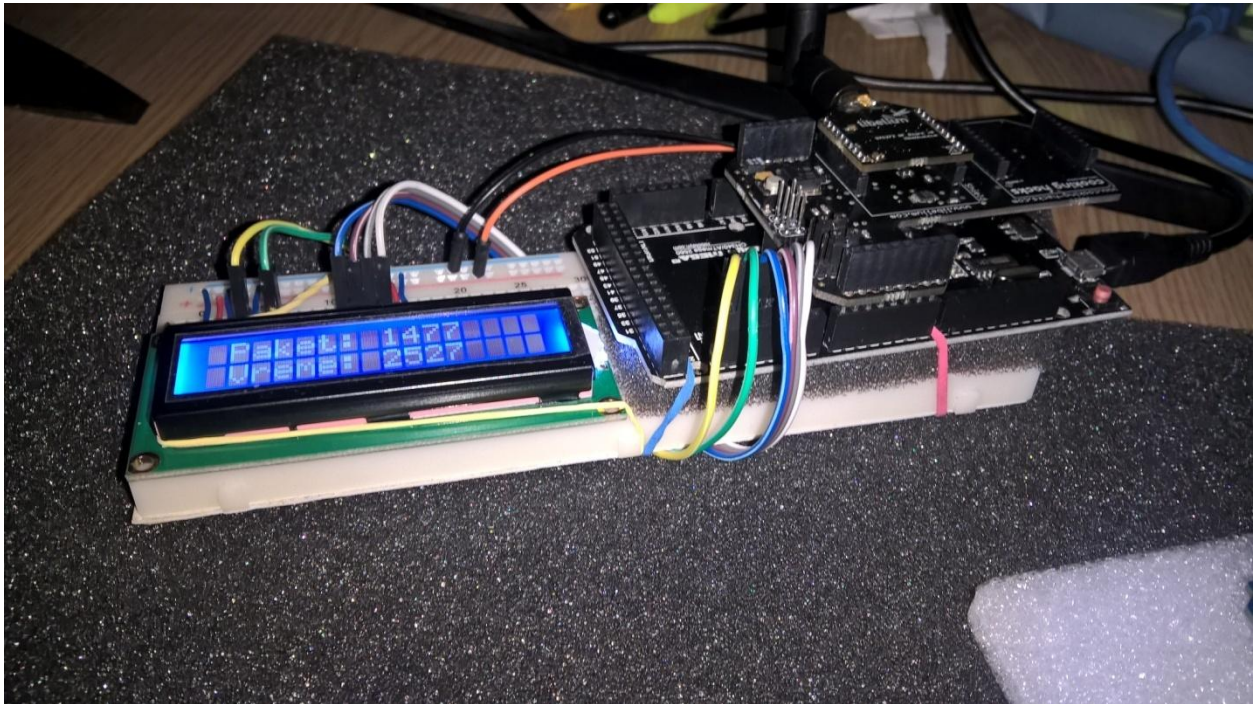
2.1 Опис прототипа система за мерење перформанси LoRa™ технологије заснован на хардверу отвореног кода

Уређај који је саставни део техничког решења базиран је на хардверу отвореног кода. Развијан је у више фаза и постоји у више варијанти. И предајна (мобилна) станица и пријемна (базна) станица су засноване на Arduino платформи. Предајна станица је заснована на Arduino MEGA развојној плочи, са Libelium multiprotocol шилдом и Libelium LoRA SX1272 комуникационим модулом [12]. Основна пријемног (базног) уређаја је Arduino MEGA на који је директно повезан Libelium SX1272 LoRa™ комуникациони модул преко SPI магистрале. За повезивање овог модула са Arduino развојном плочом у неким од варијанти техничког решења користи се Libelium multiprotocol експанзиони модул (шилд). Повезивање комуникационог модула са плочом је могуће директно преко SPI магистрале, али је тада препоручљива употреба Logic Level конвертера 3,3V/5V. Уређај је повезан преко USB кабла са рачунаром, на којем се налази софтвер на коме се врши складиштење и даља анализа података који су пристигли. Предајни уређај који је такође базиран на Arduino MEGA развојној плочи и Libelium SX1272 LoRa™ модулу, спакован је у кућиште са омни антеном са појачањем од 4,5 dBi и пратећим компонентама. Libelium SX1272 LoRa™ модули су базирани на Semtech SX1272 комуникационом модулу.

Произвођач декларише домет Libelium SX1272 LoRa™ модула на отвореном од максималних 22 км при директној оптичкој видљивости. LoRa™ садржи само протоколе физичког слоја и слоја везе података и погодна је за коришћење у равноправној комуникацији међу чворовима, тј. у топологији типа тачка-тачка (енг. point-to-point) или P2P, мада се уз одговарајућу архитектуру може користити и у везама типа тачка-више тачака (енг. point-to-multipoint). Libelium SX1272 LoRa™ модули користе Serial Peripheral Interface (SPI) пинове за комуникацију са микроконтролером и развојном плочом што дозвољава већу брзину комуникације. Чипсет тренутно не уводи никакав вид заштите, тј. енкрипције података.

Прва варијанта предајног уређаја приказана је на слици 2. где је на Arduino MEGA развојну плочу, преко multiprotocol шилда повезан Libelium SX1272 LoRa™ модул. На развојну плочу је повезан и I2C LCD 16x2. Антена је омни-дирекциона са појачањем од 4,5 dBi.

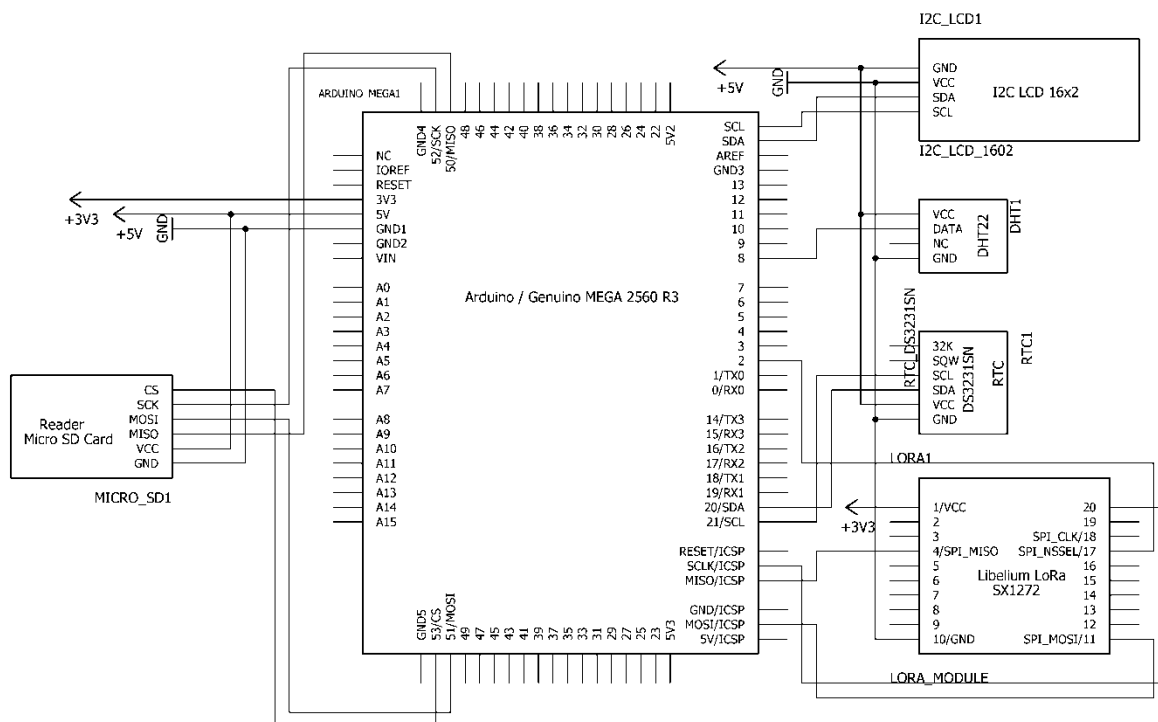
Друга варијанта предајног уређаја приказана је на слици 3. Шема Tx уређаја приказана је на слици 4., а Rx уређаја на слици 5. Поред микроконтролерске плоче и комуникационог модула, оба уређаја имају RTC и I2C LCD 16x2 или 20x4. Предајна станица има и MicroSD Card дата логер и сензор за мерење температуре и влажности ваздуха DHT22.



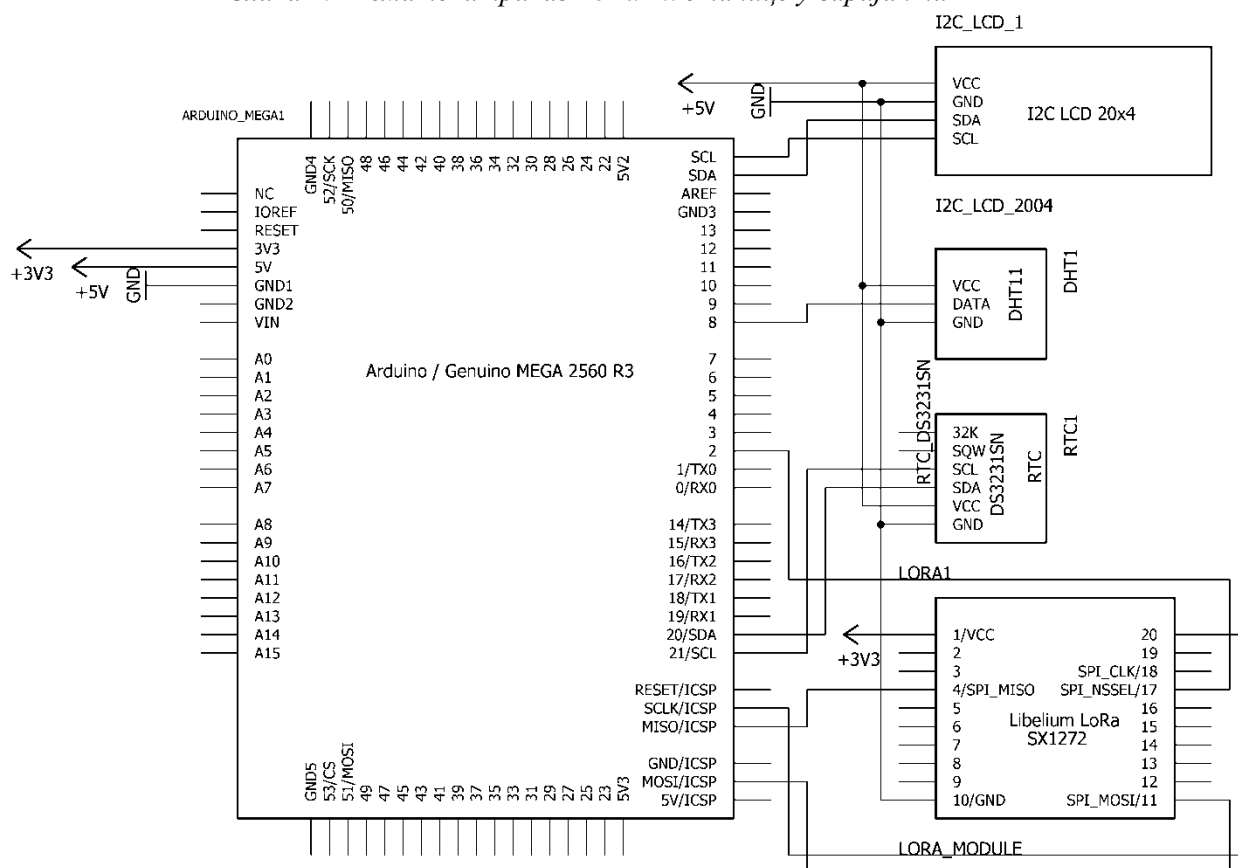
Слика 2. LoRA Tx Мерна станица у варијанти 1



Слика 3. LoRA Tx Мерна станица у варијанти 2



Слика 4. Шематски приказ LoRa Tx станице у варијанти 2



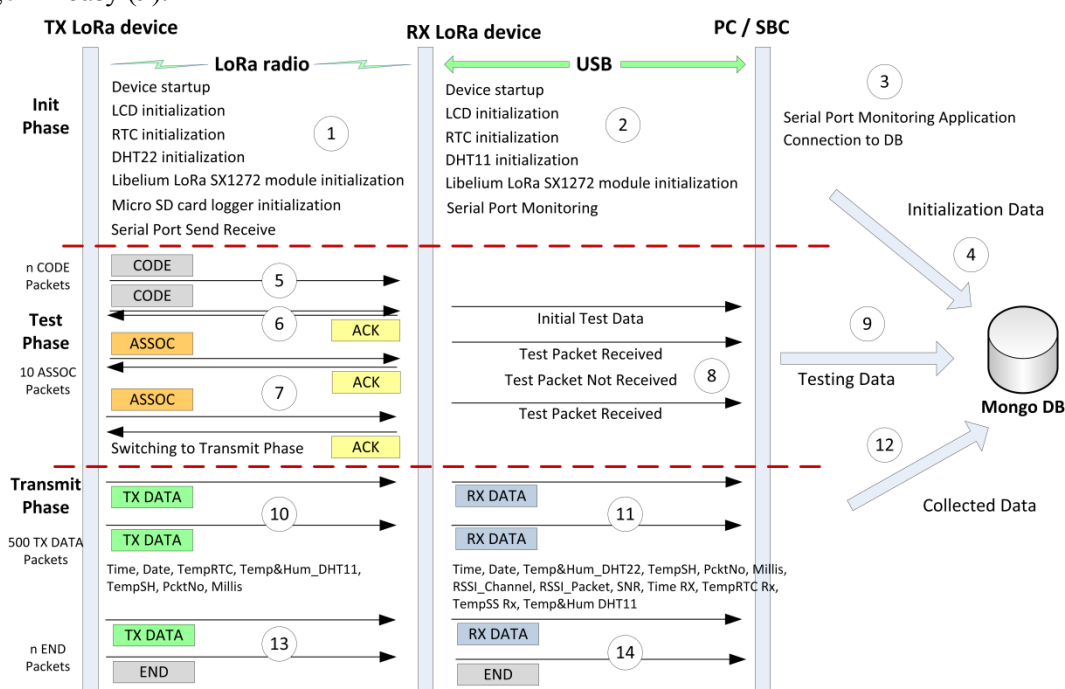
Слика 5. Шематски приказ LoRa Rx станице у варијанти 2

На слици 6. приказан је детаљан протокол мерења са приказаним уређајима. Протокол раздваја мерење у три фазе и профилисан је тако да је оператер потребан само на страни предајне станице, као и на пријемној страни или код рачунара. Протокол дефинише процесе на три

уређаја: предајној Tx станици, пријемној Rx станици и рачунару који може бити класичан PC или Single Board Computer (SBC) као што је Raspberry Pi ili Beagle Bone. На рачунару је инсталиран софтвер за складиштење података који су послати са предајне станице, података са пријемне станице и података о поступку мерења.

У првој фази, на предајној станици врши се стартовање уређаја, иницијализација LCD екрана, RTC уређаја, DHT22 сензора, комуникационог модула, MicroSD модула и иницијализује се процес прикупљања података и слања података преко серијског порта (1). На пријемној станици, одвијају се исти процеси, осим последња два, и додатно се покреће софтвер станице који обавља пријем података на серијском порту (2), врши се конекција према рачунару преко серијског порта и шаљу се подаци мерења и о мерењу (3). Рачунару и MongoDB бази шаљу се подаци о иницијализацији уређаја (4). Након завршене иницијалне фазе, почиње Тест фаза.

Тест фаза почиње слањем CODE пакета са предајне станице који у себи садрже шифру мерења која користи Unix време и време прочитано са RTC модула (5). Ови пакети служе да иницирају размену података између предајне и пријемне станице. Пакети се шаљу све док пријемна станица не пошаље ACK пакет, након првог успешног пријема CODE поруке (6). Након тога, шаље се ASSOC пакет (7) који служи за асоцијацију предајне станице са пријемном и проверу могућности вршења мерења. Сваки примљени пакет на преданој страни иницира слање ACK пакета. На ASSOC пакет чека се 10 секунди и ако у том периоду не стигне ACK пакет, шаље се нови ASSOC пакет. Сви подаци о тест фази са предајне станице (8) шаљу се и логују у MongoDB базу (9).



Слика 6. Протокол поступка мерења

Уколико је пристигло више од 30% ACK пакета, сматра се да се мерење може наставити. У супротном, сматра се да је мерење непотрено или немогуће јер веза не постоји или је превише лоша.

Фаза преноса почиње слањем 500 TX DATA пакета (10) са подацима прочитаним са сензора и модула у предајној станици. На предајној страни врши се пријем пакета без слања потврде пријема, тј. ACK пакета. Пријемна страна врши слање RX DATA пакета (11) са додатним подацима прочитаним са модула у пријемној станици, али и са подацима параметара везе

очитаним такође на пријемној станици. Параметри везе су RSSI пакета, RSSI канала и SNR. Очитавање је омогућено употребом Libelium библиотека. Прикупљени подаци се шаљу на рачунар и складиште у MongoDB бази (12). После послатих 500 TX DATA пакета, слање се прекида и шаљу се END пакети у континуитету (13). Пријемна станица шаље такође END пакете и обавештава рачунар о прекиду мерења (14). Софтвер на рачунару, који није део овог техничког решења, врши прикупљање података, њихово складиштење у MongoDB бази и накнадну анализу података.

3. Примена и тестирање техничког решења

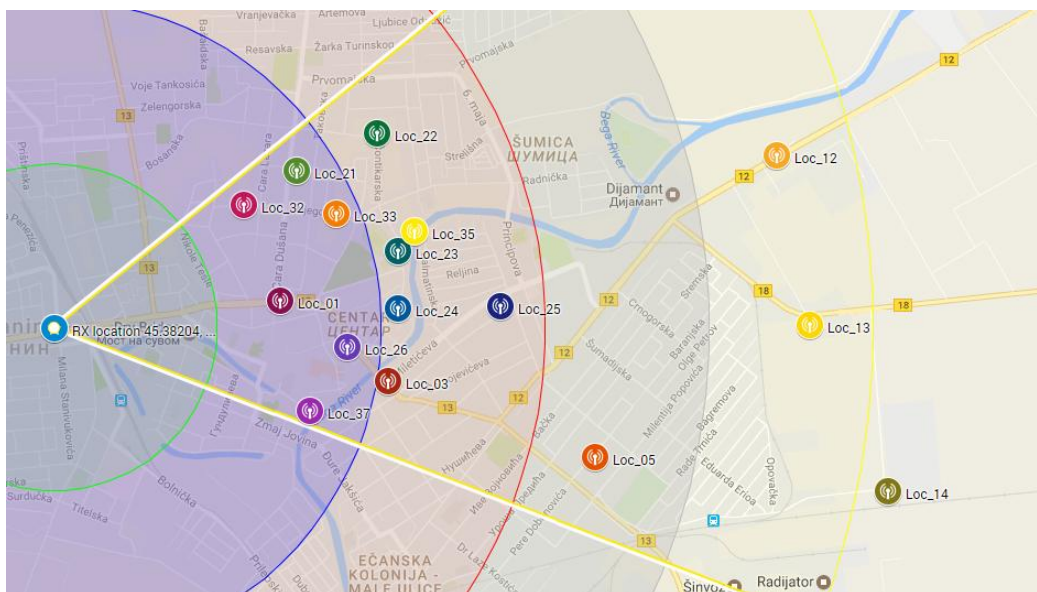
3.1. Мерења на статичким локацијама

Експеримент је извршен у Зрењанину, граду са 76,511 становника (према попису 2011.) покрива површину од 1,324.0 км², са густином насељености од око 93.2 становника/км². Град је претежно равничарског типа и са мешовитим деловима града са високом и ниском градњом. На страни предајника (LoRa Tx станица) користи се омни-дирекциона антена са појачањем од 4.5 dBi. На страни пријемника (LoRa RX станица) користи се екстерна угај антена 9 dBi и углом зрачења од 60°. Антена је постављена на отвореном, на носачу који је монтиран на четвртом спрату стамбене зграде (слика 7.).



Слика 7. Позиција антене на страни пријемника

Мерења су извршена у две фазе. Прва фаза је вршена мерењем на 17 локација, када је предајни уређај био статичан. Резултати мерења су приказани у табели 1., а позиције локација за мерење, позиција пријемне станице и угао зрачења антене на слици 8.



Слика 8. Локације мерења LoRa™ 868MHz технологије (слика креирана у Google maps)

У табели 1. приказани су и додатни подаци као што су: број послатих и примљених пакета, проценат испоручених пакета - Packet Delivery Ratio (PSD) изражен у процентима, средња вредност Received Signal Strength Indicator (RSSI) у dBm, средња вредност Signal-to-noise ratio (SNR) у dBm, географска ширина и дужина позиције на којој је извршено мерење и удаљеност позиције где је извршено мерење од централне локације у метрима.

Табела 1. Подаци статичких мерења

	Послати пак.	Примљени пак.	PDR (%)	RSSI	SNR	Lat (°)	Lon (°)	Удаљеност (м)
Loc_01	530	528	99.44	-113.85	-3.28	45.383548	20.390999	1,260
Loc_03	510	510	100.00	-110.39	-1.25	45.379156	20.399343	1,938
Loc_05	527	455	86.34	-127.23	-16.23	45.374981	20.415552	3,282
Loc_12	577	530	91.85	-126.20	-15.20	45.391463	20.429713	4,402
Loc_13	558	557	99.82	-119.03	-8.03	45.382182	20.432261	4,486
Loc_14	560	558	99.64	-120.18	-9.18	45.37308	20.438386	5,072
Loc_21	512	271	52.93	-129.76	-18.77	45.390669	20.392298	1,633
Loc_22	512	512	100.00	-124.52	-13.52	45.392665	20.398479	2,159
Loc_23	509	419	82.32	-121.95	-10.95	45.386243	20.400182	2,012
Loc_24	511	509	99.61	-121.71	-10.71	45.38313	20.400116	1,963
Loc_25	515	482	93.59	-116.81	-5.81	45.383218	20.408157	2,591
Loc_26	511	511	100.00	-106.20	0.13	45.381003	20.396207	1,664
Loc_32	519	330	63.58	-128.29	-17.29	45.388763	20.38815	1,246
Loc_33	510	363	71.18	-127.73	-16.73	45.388319	20.395374	1,721
Loc_35	506	272	53.75	-128.31	-17.31	45.387327	20.401455	2,137
Loc_36	508	507	99.80	-124.52	-13.52	45.387327	20.401455	2,137
Loc_37	513	468	91.23	-123.68	-12.68	45.377506	20.393265	1,528

Резултати мерења упоређени су са Lee моделом пропагације [13, 14, 15, 16] који је иницијално развијен за комуникацију у опсегу 900MHz и подржава два модела: area-to-area и point-to-point [17]. Овај модел је дизајниран са циљем да предвиди слабљење сигнала услед простирања на равном терену. Ако терен није раван, на пример, ако је брдовит сматра се да ће бити великих грешака у прорачуну [18]. Area-to-area модел користи референтни губитак услед простирања L_0 за даљину од једне миље или 1.6 km, нагиб криве губитка услед простирања γ који се наводи у dB као и фактор подешавања F_0 . Губитак услед простирања на конкретној деоници везе се прорачунава формулом:

$$L_{50} (dB) = L_0 + \gamma \cdot \log_{10}(d) - 10 \cdot \log_{10}(F_0) \quad (1)$$

Удаљеност између предајника и пријемника се означава се d и наводи у km. Референтне вредности за средње вредности губитака услед простирања су дате у табели 2.

Табела 2. Референтне средње вредности губитака услед простирања за Lee модел пропагације

Окружење	L_0 (dB)	γ
Слободни простор	85	20
Отворени простор (рурални)	89	43.5
Приградско подручје (Suburban)	101.7	38.5
Градско подручје (Urban)		
Филаделфија	110	36.8
Њуарк (Newark)	104	43.1
Токио	124.0	30.5

Фактор подешавања F_0 се рачуна према обрасцу:

$$F_0 = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot F_5 \quad (2)$$

Где је F_1 корекциони фактор висине базне (пријемне) странице а h_b је висина базне станице.

$$F_1 = (h_b(m) / 30.48)^2 \quad (3)$$

Корекциони фактор појачања антене базне станице се рачуна на следећи начин:

$$F_2 = (G_b / 4) \quad (4)$$

Где је G_b појачање антене базне станице релативно у односу на полуталасни дипол [dBd]. dBd даје поређење појачања на антени у односу на дипол антenu, а dBi у односу на изотропски радијатор. Разлика у ове две вредности је 2.15 dB, тј. појачање [dBd] = појачање [dBi] - 2.15 dB.

F_3 или корекциони фактор мобилне станице (предајника) се рачуна на следећи начин:

$$F_3 = (h_m(m) / 3)^2 \text{ ако је } h_m(m) > 3 \quad (5)$$

$$F_3 = (h_m(m) / 3) \text{ ако је } h_m(m) < 3 \quad (6)$$

Корекциони фактор мобилне антене зависи од h_m или висине мобилне антене (антене предајне станице) изражене у метрима. За прорачун се користе две различите формуле, једна за висине преко 3 m, а друга за висине испод 3 m.

Корекциони фактор фреквенције се рачуна на следећи начин:

$$F_4 = (f / 900)^{-n} \text{ где је } 2 < n < 3$$

и f је изражен у MHz (7)

Корекциони фактор појачања антене мобилне станице зависи од појачања антене мобилне станице G_m израженог у dBd и рачуна се на следећи начин:

$$F_5 = G_m / 1 \quad (8)$$

Различите варијанте формула за различита окружења дата су у наставку:

$$L_p = 96.92 + 20.0 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за отворени простор} \quad (17)$$

$$L_p = 82.16 + 43.5 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за отворено или рурално подручје} \quad (18)$$

$$L_p = 99.86 + 38.4 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за приградско подручје} \quad (19)$$

$$L_p = 108.49 + 35.8 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за Филадельфију} \quad (20)$$

$$L_p = 101.20 + 43.1 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за Њуарк (Newark)} \quad (21)$$

$$L_p = 123.77 + 30.5 \cdot \log_{10} d + 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\frac{f}{900} \right) - \alpha_o, \text{ за Токио} \quad (22)$$

Прорачуни тачности слабљења сигнала услед простирања су извршени према изразу који је коришћен и у ранијим истраживањима. Ниво сигнала на пријемној страни и буџет линка је прорачунат на основу израза из (23) и заснован је на искуствима аутора из претходних истраживања са ZigBee и 868MHz пропагационим моделима у унутрашњем простору [19, 20, 21, 22] и ZigBee и LoRa™ пропагационим моделима на отвореном простору [23, 24, 25]. Прорачун буџета линка је сума свих појачања и разлика свих губитака у линку [19, 26].

$$P_{rx} = P_{tx} + G_{tx} - L_{tx} - L_{pl} - L_m + G_{rx} - L_{rx} \quad (23)$$

P_{rx} је ниво сигнала на пријемној страни (dBm), а P_{tx} је снага предајника (dBm). G_{tx} је појачање антене на страни предајника (dBi) и зависи од типа антене, L_{tx} су губитци на страни предајника (dB). L_{pl} је слабљење сигнала услед простирања (dB) и израчунава се калкулацијама приказаним у претходном делу текста, L_m су остали губици (dB). G_{rx} је појачање на страни антене предајника (dBi) и L_{rx} су губици на страни предајника (dB). Ефективна зрачена снага (dBmW) или ERP је сума зрачене снаге и појачања на страни предајника умањена за губитке на предајнику [26].

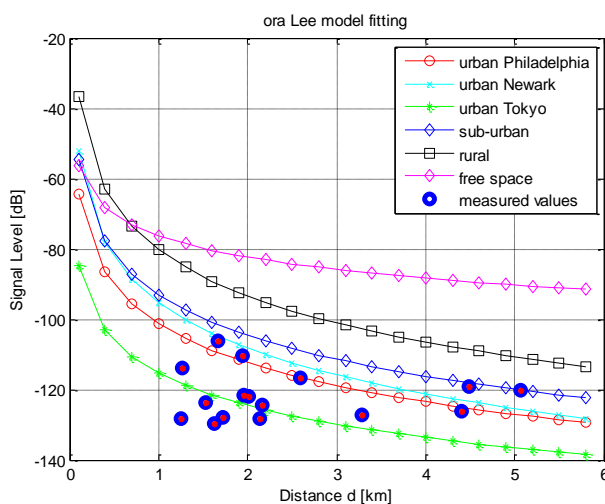
У овом истраживању параметри зависе од уређаја који су коришћени. Будући да је коришћен LoRa™ 868 MHz модул базиран на SX1272 чипу [12], и додатној опреми, параметри су следећи: P_{tx} је 18 dBm, G_{tx} је 9 dBi, а G_{rx} је 4.5 dBi. P_{tx} и G_{tx} су укључене у формулу (4), L_{tx} , L_{rx} и L_m су занемарљиви и на основу тога одбачени. Такође, будући да се користи израз (1) за предикцију сигнала, и будући да су G_{tx} , G_{rx} и P_{tx} укључени у изразе (2), (4) и (8) израз за калкулацију слабљења сигнала на путањи је следећи:

$$P_{rx} = -L_{pl} \quad (24)$$

Где се L_{pl} прорачунава на основу израза (1). Прорачунати нивои сигнала на пријемној страни дати су на слици 9. за градска подручја Филадельфије, Њуарка и Токија, за приградско подручје, рурално подручје и слободан простор. На истој слици резултати мерења из експеримента су приказани за 17 локација (плави кругови).

Да би се анализирала тачност мерења, тачност Lee модела пропагације, као и употребљивост опреме у планирању, дизајну и управљању система паметних градова или сличних технологија базираних на LoRa™ LPWAN технологији, првенствено на примеру Зрењанина, али и осталих

градова, прорачунати су Mean Square Error (MSE) или средња квадратна вредност грешке и Root Mean Square Error (RMSE) или корен средње квадратне вредности грешке [27, 28]. MSE и RMSE су дати у табели 3. MSE и RMSE вредности, тј. одступања мерених вредности од прорачунатих, су најмање за Токио, са вредношћу разлике од 6.71731 dB, затим за Филаделфију (15.0949 dB) и Њуарк (19.5495 dB), и на крају за приградско подручје (22.5351 dB). Анализе су показале да подручје града Зрењанина и LoRa™ мерења имају најбоље поклапање са параметрима модела за град Токио. Ово показује да су и модел прорачуна нивоа сигнала и Lee технологија изузетно применљиви за град Зрењанин и слична градска подручја за 868 MHz LoRa™ технологију.



Слика 9. Поређење Lee модела пропагације са LoRa™ 868MHz измереним вредностима

Табела 3. Поређење Lee модела пропагације за различита окружења са измереним вредностима

Подручје	MSE (dBm)	RSME(dBm)
Филадефија	227.858	15.0949
Њуарк (Newark)	382.181	19.5495
Токио	45.1222	6.71731
Приградско	507.833	22.5351
Рурално	1,153.43	33.9622
Отворени простор	1,778.43	42.1714

3.2 Мерења у покрету

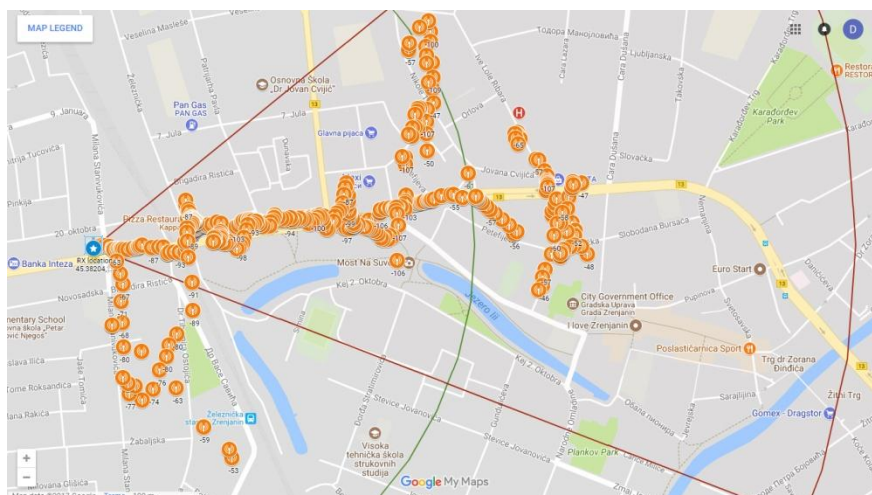
У наставку истраживања и валидације опреме за мерење перформанси LoRa™ LPWAN технологије су извршени експерименти у погледу анализе перформанси те технологије у урбаном подручју када је присутно кретање сензорских станица. Анализа је извршена на основу резултата мерења који су постигнути у експерименту. Експеримент је извршен на подручју града Зрењанина уз употребу Libelium SX1272 LoRa™ комуникационих модула [12]. У току мерења параметри су подешени на следеће вредности: BW 500, CR 4/5 и SF 12 при чему пријемна осетљивост уређаја није -134 dB, што је подразумевана вредност, него -128 dB. Мерења су вршена са једним пријемним уређајем који је заједно са антенном стационаран на четвртном спрату зграде, као што је већ објашњено у претходном примеру, и једним помичним предајним уређајем.

Извршена су мерења у пет етапа. Три пута је мерење извршено шетањем и ношењем мерног уређаја у ранцу који се налазио на леђима, а антена је била постављена тако да се налази на

отвореном простору и изнад ранца. У два наврата мерни уређај се налазио у аутомобилу, али је у једном случају уређај са антеном био унутар возила, а у другом изван возила. Кретање је логовано помоћу екстерног GPS уређаја који је касније временски синхронизован у процесу анализе са мереним подацима.

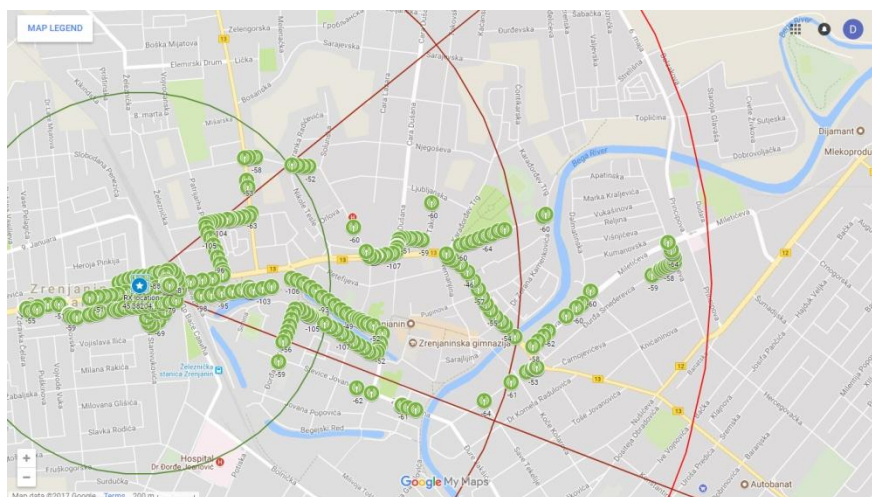
Употребом Libelium библиотека и самих модула могуће је читавати RSSI и SNR вредности за сваки примљени пакет. Уколико је RSSI вредност већа од пријемне осетљивости уређаја тада ће пакет бити успешно примљен. Такође, ако је SNR већа од -20 dB LoRa™ модул је у могућности да демодулира примљене сигнале [12]. Да би се повећао домет комуникације, на страни пријемног уређаја, коришћена је уаги антена са појачањем од 9 dBi и углом зрачења од 60° . Мерења су и у овом случају вршена у Зрењанину.

На слици 10. приказана је траса која је коришћена у току другог пешачења, тј. приказане су локације са којих је вршено мерење. На слици је локација централне антене и пријемног уређаја приказана у кругу са звездом, а линијама је приказано подручје зрачења антене. Прва кружница представља полупречник од 1 км, а друга полупречник од 2 км од централне локације. На основу тога се види да су мерења рађена на максималној даљини од око 1,3 км од централне локације.



Слика 10. Мапа кретања при мерењу пешачењем у другом случају

На слици 11. приказана је траса која је коришћена у току вожње са антеном постављеном споља, тј. приказане су локације са којих је вршено мерење. На слици је приказана и трећа кружница, која представља удаљеност од 3 км од централне локације. На основу слике се види да су мерења рађена на максималној даљини од око 2,8 км.



Слика 11. Мапа кретања при мерењу аутомобилом у другом случају

Резултати мерења сумирани су у табели 4. У њој су, за свако од наведених мерења, приказани следећи подаци: број примљених пакета, број послатих пакета, проценат исправних пакета који су стигли на одредиште, RSSI у dBm, стандардна девијација RSSI, Signal-to-Noise Ratio у dB, стандардна девијација SNR и проценат пакета који нису примљени као исправни или Packet Error Rate (PER).

Табела 4. Резултати мерења у покрету

Мерење	Примљени пкт.	Послати пкт.	Исправни пакети (%)	RSSI	StDev	SNR	StDev	PER (%)
Пешачење 01	516	578	89.27	-82.22	21.21	2.97	5.88	10.73
Пешачење 02	452	635	71.18	-76.07	20.97	0.79	7.62	28.82
Пешачење 03	777	844	92.06	-86.59	18.11	3.86	5.53	7.94
Возило (споља)	332	471	70.49	-71.21	20.92	-2.61	7.90	29.51
Возило (унутра)	595	691	86.11	-73.27	22.25	-1.90	7.03	13.89

3.3. Анализа рада техничког решења и LoRa™ технологије

На основу извршених мерења и презентованих резултата може се закључити да је приказано техничко решење у могућности да изврши мерење перформанси LoRa™ технологије како у случају статичних, тако и у случају мобилних станица.

Мерење са статичним станицама које су постављене на 17 различитих локација, показало је да се предикција нивоа сигнала на пријемној страни може веома добро извршити са Lee пропагационим моделом.

Мерења која су извршена у току кретања, показала су да се LoRa™ технологија може успешно користити и у случају мобилних станица, јер је у пет мерења највећи проценат изгубљених пакета био до 30% што се може сматрати добрим резултатом за велики број сценарија. При томе се показало и да се тест уређај, који је презентован у овом техничком решењу, може веома ефикасно користити за анализу перформанси LoRa™ технологије, као и за прикупљање података на терену и њихову каснију визуализацију, презентацију и анализу. Поред сензорских података тест уређај је показао да се може вршити и ефикасно прикупљање података о квалитету комуникационог линка између локације где се врши мерење и централне локације са пријемном станицом. Резултати добијени употребом овог техничког решења објављени су у радовима [23, 24, 25].

Библиографија

- [1] C.A. Trasviña-Moreno, R. Blasco, R. Casas, Á. Asensio, "A Network Performance Analysis of LoRa Modulation for LPWAN Sensor Devices". In: C. García, P. Caballero-Gil, M. Burmester, A. Quesada-Arencibia (eds) Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. UCAMi 2016, IWAAL 2016, AmIHEALTH 2016. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10070. Springer International Publishing AG 2016, Cham, 2016.
- [2] J. Petajajarvi, K. Mikhaylov, A. Roivainen, T. Hanninen, M. Pettissalo, "On the coverage of LPWANs: range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology," 2015 14th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), Copenhagen, pp. 55-59, 2015. doi: 10.1109/ITST.2015.7377400
- [3] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, W.M. Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things", Sensors, Vol. 16, No. 9, 1466, 2016. doi:10.3390/s16091466, 2016.
- [4] R. Sanchez-Iborra, M. Cano, "State of the Art in LP-WAN Solutions for Industrial IoT Services", Sensors, Vol. 16, Issue 708; doi:10.3390/s16050708, 2016.
- [5] T. Hadwen, V. Smallbon, Q. Zhang, M. D'Souza, "Energy efficient LoRa GPS tracker for dementia patients," 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Seogwipo, pp. 771-774, 2017. doi: 10.1109/EMBC.2017.8036938
- [6] C.A. Trasviña-Moreno, R. Blasco, Á. Marco, R. Casas, A. Trasviña-Castro, "Unmanned Aerial Vehicle Based Wireless Sensor Network for Marine-Coastal Environment Monitoring", Sensors, Vol. 17, Issue 460; doi:10.3390/s17030460, 2017.
- [7] A. J. Wixted, P. Kinnaird, H. Larijani, A. Tait, A. Ahmadiania, N. Strachan, "Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensor networks," 2016 IEEE SENSORS, Orlando, FL, pp. 1-3, 2016. doi: 10.1109/ICSENS.2016.7808712
- [8] P. Jörke, S. Böcker, F. Liedmann, C. Wietfeld, "Urban Channel Models for Smart City IoT-Networks Based on Empirical Measurements of LoRa-links at 433 and 868MHz", In Proceedings of IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC) - Workshop WS-01 on "Communications for Networked Smart Cities (CorNer), October, 2017.
- [9] J. Petäjajarvi, K. Mikhaylov, R. Yasmin, M. Hämmäläinen, J. Iinatti, "Evaluation of LoRa LPWAN Technology for Indoor Remote Health and Wellbeing Monitoring", International Journal of Wireless Information Networks, Vol. 24. Issue 2, pp 153-165, June, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10776-017-0341-8>
- [10] M. Cattani, C.A. Boano, K. Römer, "An Experimental Evaluation of the Reliability of LoRa Long-Range Low-Power Wireless Communication", Journal of Sensor Actuator Networks, Vol. 6(2) Issue 7, 2017, doi:10.3390/jsan6020007
- [11] M. Aref, A. Sikora, "Free Space Range Measurements with Semtech LoRa™ Technology", In proceedings of 2nd IEEE International Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, 11-12 September, Offenburg, Germany. 2014.

- [12] Waspote-LoRa-868MHz_915MHz-SX1272 Networking Guide. from Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.
http://www.libelium.com/downloads/documentation/waspote_lora_868mhz_915mhz_sx1272_networking_guide.pdf, приступљено 10.10.2017.
- [13] D.J.Y. Lee, W.C.Y. Lee, "Fine tune Lee model", In Proceedins 11th IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications. PIMRC 2000. Proceedings (Cat. No.00TH8525), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 406-410, 2000.
- [14] D.J. Y. Lee, W.C. Y. L. Fellow, "Enhanced Lee Model from Rough Terrain Sampling Data Aspect", In Proceedins of 2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 1-5, 2010.
- [15] D.J. Y. Lee, W.C. Y. Lee, "Integrated Models and Their Usage in Predicting the Signal Strength", In Proceedings of 2014 IEEE 79th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 1-5, 2014.
- [16] W.C.Y. Lee, "Wireless & Cellular Telecommunication", McGraw-Hill, 2006.
- [17] J.S. Seybold, "Introduction to RF Propagation. Hoboken", New York, Wiley-Blackwell, 2005.
- [18] G.L. Stüber, "Mobile Communication", New York, NY, Kluwer Academic Publisher, 2. Ed, 2002.
- [19] D. Dobrilovic, B. Odazic, Z. Stojanov, "Site-general indoor loss propagation model adjustment for 868 MHz RF modules", Scientific Bulletin of The "Politehnica" University of Timișoara, Transactions on Automatic Control and Computer Science, Vol. 61 (75), No. 1, pp. 65-72. ISSN 1224-600X. 2016.
- [20] D. Dobrilovic, Z. Stojanov, V. Brtko, Z. Čović, N. Bilinac, "Software application for analyzing ZigBee network performance in university courses," In Proceedins in IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Subotica, pp. 73-77, 2014. doi: 10.1109/SISY.2014.6923560
- [21] D. Dobrilovic, B. Odadzic, Z. Stojanov, V. Sinik, "Testing Zigbee RF module applicability for usage in temperature monitoring systems," 2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), Belgrade, 2014, pp. 415-418, doi: 10.1109/TELFOR.2014.7034436
- [22] D. Dobrilovic, B. Odadzic, Z. Stojanov, "Approach in planning the deployment of 868 MHz RF modules in WSN scenarios," In Proceedings of IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, Timisoara, Romania, pp. 387-392., 2015. doi: 10.1109/SACI.2015.7208235
- [23] D. Dobrilović, M. Malić, D. Malić, S. Sladojević, "Analyses and Optimization of Lee Propagation Model for Lora 868 MHz Network Deployments in Urban Areas", Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC), Vol. 7, No. 1, 2017, 55-62, ISSN 2217-8147, 2017.
- [24] D. Dobrilović, M. Malić, D. Malić, Ž. Stojanov, "Analiza performansi LoRa tehnologije kod mobilnih senzorskih stanica u urbanim okruženjima", PosTel 2017, XXXV Simpozijum o novim

tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, 5. i 6. decembra, Beograd, Srbija, 2017.

[25] D. Dobrilovic, M. Malic, Z. Stojanov, S. Sladojevic, "Approach in Exploring Wireless Technology Performance in Smart City Environments", Smart City konferencija 2017, January 27, Budapest, Hungary, 2017.

[26] H.R. Anderson, "Fixed Broadband Wireless Systems", In Fixed Broadband Wireless System Design, Chichester, UK: Wiley-Blackwell, pp. 1-24, 2003.

[27] M. S. H. Al Salameh, M. M. Al-Zu'bi, "Prediction of radiowave propagation for wireless cellular networks in Jordan", 7th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), pp. 149-154, Chonburi, Thailand, 2015.

[28] T. Chrysikos, G. Georgopoulos, S. Kotsopoulos, D. Zevgolis, "Site-specific validation of indoor RF models for commercial propagation topologies at 2.4 GHz", In Proceedings of 7th International Symposium on Wireless Communication Systems", Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 681-685, 2010.

Публикације објављене у току израде техничког решења:

- [1] D. Dobrilović, M. Malić, D. Malić, S. Sladojević, “Analyses and Optimization of Lee Propagation Model for Lora 868 MHz Network Deployments in Urban Areas”, *Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC)*, Vol. 7, No. 1, 2017, 55-62, ISSN 2217-8147, 2017. [M33]
- [2] D. Dobrilović, M. Malić, D. Malić, Ž. Stojanov, “Analiza performansi LoRa tehnologije kod mobilnih senzorskih stanica u urbanim okruženjima”, *PosTel 2017, XXXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju*, 5. i 6. decembra, Beograd, Srbija, 2017. [M63]
- [3] D. Dobrilovic, Z. Stojanov, V. Brtko, Z. Čović, N. Bilinac, "Software application for analyzing ZigBee network performance in university courses," *2014 IEEE 12th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, Subotica, 2014, pp. 73-77., doi: 10.1109/SISY.2014.6923560 [M33]
- [4] D. Dobrilovic, B. Odadzic, Z. Stojanov, V. Sinik, "Testing Zigbee RF module applicability for usage in temperature monitoring systems," *2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Belgrade, 2014, pp. 415-418, doi: 10.1109/TELFOR.2014.7034436 [M33]
- [5] D. Dobrilovic, B. Odadzic, Z. Stojanov, "Approach in planning the deployment of 868 MHz RF modules in WSN scenarios," *Proceedings of IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, Timisoara, 2015, pp. 387-392., doi: 10.1109/SACI.2015.7208235 [M33]
- [6] D. Dobrilovic, B. Odazic, Zeljko Stojanov, “Site-general indoor loss propagation model adjustment for 868 MHz RF modules”. *Scientific Bulletin of The “Politehnica” University of Timișoara, Transactions on Automatic Control and Computer Science*, Vol. 61 (75), No. 1, pp. 65-72. ISSN 1224-600X. [M51]
- [7] D. Dobrilovic, M. Malic, Z. Stojanov, S. Sladojevic, “Approach in Exploring Wireless Technology Performance in Smart City Environments”, *Smart City konferencija 2017*, January 27, Budapest, Hungary, 2017 [M32]

Листа раније прихваћених техничких решења за сваког аутора посебно

Жељко Стојанов

Универзитет у Новом Саду, Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин

1. Веб сервис за аутоматску анализу података базиран на систематској синтаксној класификацији [М85] – 2010. године
2. Софтверска апликација за руковање захтевима корисника која омогућује унапређење послова одржавања софтвера у малом софтверском предузећу [М85] – 2012. године
3. Лагана метода за процену процеса одржавања софтера базирана на честој размени информација [М85] – 2014. године
4. Лагана индуктивна метода за идентификацију и систематизацију знања [М85] – 2015. године

Далибор Добриловић

Универзитет у Новом Саду, Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин

1. Веб сервис за аутоматску анализу података базиран на систематској синтаксној класификацији [М85] – 2010. године
2. Метода за оптимизацију распореда робе у складиштима и оптимизацију кретања виљушкара [М85] – 2012. године
3. Прототип система за праћење температуре просторија базираног на ZigBee технологији [М85] – 2014. године
4. Лагана индуктивна метода за идентификацију и систематизацију знања [М85] – 2015. године



Република Србија – АП Војводина
Универзитет у Новом Саду
Технички факултет «Михајло Пупин»
Зрењанин, Буре Ђаковића бб
www.tfzr.uns.ac.rs
Тел.023/550-515 факс: 023/550-520
ПИБ: 101161200



Дел.број:03-7264/16
Дана: 21.12.2017. године

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА
са 71. седнице Наставно-научног већа Техничког факултета «Михајло Пупин»
Зрењанин одржане 20.12.2017.године

Непотребно изостављено!

16.

Разматрање записника катедре за информационе технологије

16.1.

Након кратке информације проф. др Драгице Радосав, председнице Наставно научног већа Факултета, а на основу предлога катедре за информационе технологије, гласањем, једногласно је донета

О Д Л У К А

ПРИХВАТА СЕ предлог за именовање рецензата за техничко решење категорије М85.

Назив: Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода

Тип решења: М85 Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми (уз доказ).

Аутори:

Милан Малић, Панонит, Нови Сад

Далибор Добриловић, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин

Душан Малић, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Зрењанин

Жељко Стојанов, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин

Срђан Сладојевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Рецензенти:

Проф. др Дарко Стефановић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад

Доц. др Андраш Андерла, доцент, Факултет техничких наука, Нови Сад

За тачност

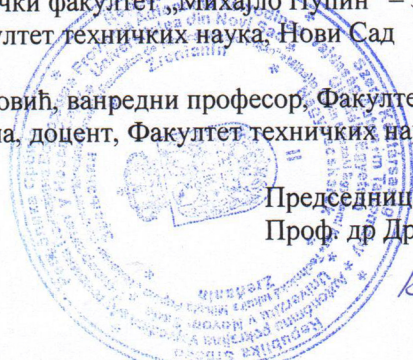
Стојак Ленуца

Председница Наставно научног већа

Проф. др Драгица Радосав

Доставити:

1. Ауторима
2. Рецензентима
3. Архиви



Reda D

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења	Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода
Аутори техничког решења	Милан Малић, Панонит, Нови Сад Далибор Добриловић, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Душан Малић, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину Жељко Стојанов, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Срђан Сладојевић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад
Реализатори техничког решења	Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад Панонит, Нови Сад
Пројекат у оквиру које је техничко решење развијано	„Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“, ТР-32044, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
Област примене	Бежичне сензорске мреже и Интернет ствари, анализа, планирање и дизајн сензорских мрежа
Корисници решења	Панонит, Нови Сад
Категорија техничког решења	М85 – ново техничко решење у фази реализације

Подаци о рецензенту

Име презиме и звање	Доц. др Андраш Андерла, доцент
Ужа научна област за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета	Информационо-комуникациони системи, 13.02.2014., Факултет техничких наука, Нови Сад
Установа где је запослен	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

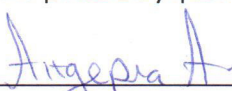
Мишљење рецензента о техничком решењу

Техничко решење под називом „Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода“ развијено је у оквиру пројекта технолошког развоја „Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“ ТР-32044 на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину.

У оквиру техничког решења извршен је детаљан приказ система и његових компонената, како хардверског дела (мерни уређаји), тако и протокола мерења. Евалуација техничког решења извршена је мерењима на терену на подручју града Зрењанина. Техничко решење се показало као ефикасна платформа за анализу перформанси мобилних и сензорских станица које користе LoRa технологију за бежични пренос података, те се као таква може користити за планирање и поставку сензорских станица које користе бежични пренос на подручју града.

Према правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Сл. гласник РС, бр. 24/2016 и бр. 21/2017) предлажем да се приказано техничко решење прихвати као решење у категорији М85 – ново техничко решење у фази реализације.

У Новом Саду,
22.01.2018.


Доц. др Андраш Андерла, доцент
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења	Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода
Аутори техничког решења	Милан Малић , Панонит, Нови Сад Далибор Добриловић , Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Душан Малић , Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину Жељко Стојанов , Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Срђан Сладојевић , Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад
Реализатори техничког решења	Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“ – Зрењанин Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад Панонит, Нови Сад
Пројекат у оквиру којег је техничко решење развијано	„Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“, ТР-32044, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
Област примене	Бежичне сензорске мреже и Интернет ствари, анализа, планирање и дизајн сензорских мрежа
Корисници решења	Панонит, Нови Сад
Категорија техничког решења	М85 – ново техничко решење у фази реализације

Подаци о рецензенту

Име презиме и звање	Проф. др Дарко Стефановић, Ванредни професор
Ужа научна област за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета	Информационо-комуникациони системи, 15.10.2017 Факултет техничких наука, Нови Сад
Установа где је запослен	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

Мишљење рецензента о техничком решењу

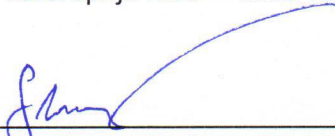
Техничко решење под називом „Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода“ развијено је у оквиру пројекта технолошког развоја „Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“ ТР-32044 на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину.

У оквиру решења развијен је прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије које је базиран на хардверу отвореног кода и као такав погодан за даље унапређење или прелаз на друге технологије, осим LoRa, ако се за то укаже потреба. Уређај се користи за мерења нивоа сигнала сензорских станица са LoRa комуникационим модулима, на градском подручју. Тако уређај омоућава анализу рада и планирање бежичних сензорских мрежа урбаног подручја са станицама које су статичне или мобилне.

Техничко решење је верификовано кроз мерења на терену на подручју рада Зрењанина и анализу резултата мерења.

Према правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донет 2017. године („Сл. гласник РС, бр. 24/2016 и бр. 21/2017) предлажем да се приказано техничко решење прихвати као решење у категорији М85 – ново техничко решење у фази реализације.

У Новом Саду,
22.01.2018.


Проф. др Дарко Стефановић, ванредни професор
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

Оцена техничког решења

---> **PANONIT** <---
Broj 012518/A
Datum 25.01.2018 god.
Novi Sad

Техничко решење под називом „Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода“ развијено је у оквиру пројекта технолошког развоја „Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“ TP-32044 на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину.

Техничко решење развијено је у сарадњи аутора са више различитих институција, а у оквиру те сарадње учествовали су и запослени у фирми Панонит.

Као резултат те сарадње, креирано је техничко решење које се је поред евалуације која је извршена у оквиру развоја самог решења, тестирано и у оквиру фирме Панонит. Евалуација техничко решења извршена је мерењима у две етапе на подручју града Зрењанина, у случајевима када је предајна станица била статична и мобилна. Резултати мерења дати су у оквиру техничког решења.

Техничко решење је додатно тестирано и у фирми Панонит, где су извршена пробна мерења.

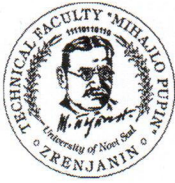
Техничко решење се у оквиру фирме Панонит, користи као уређај за тестирање и анализу перформанси бежичних сензорских мрежа, базираних на LoRa технологијама. Уређај се користи за планирање и развој бежичних сензорских мрежа базираних на LoRa технологији, као и за планирање распореда бежићних сензорских станица у оквиру те мреже.

Ово решење је у потпуности усклађено са техничким и организационим потребама предузећа Панонит, те се као такво може користити.

У Новом Саду,
Дана: 25.01.2018

Овлашћено лице





Република Србија – АП Војводина
Универзитет у Новом Саду
Технички факултет «Михајло Пупин»
Зрењанин, Буре Ђаковића бб
www.tfzr.uns.ac.rs
Тел.023/550-515 факс: 023/550-520
ПИБ: 101161200



Дел.број:03-790/14
Дана: 22.02.2018.

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА
са 75. седнице Наставно-научног већа Техничког факултета «Михајло Пупин»
Зрењанин одржане 21.02.2018.године

Непотребно изостављено!

14. Разматрање записника катедре за информационе технологије

14.2.

Након кратке информације проф. др Драгице Радосав, председнице Наставно научног већа Факултета, а на основу предлога катедре за информационе технологије, гласањем, једногласно је донета

О Д Л У К А

На основу **достављених рецензија** проф. др Дарка Стефановића (Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука) и доц. др Андраш Андерла (Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука), као и **достављене оцене техничког решења од стране корисника** решења – предузећа *Панонит* из Новог Сада, а према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије 2016. године ("Сл. гласник РС", бр. 24/2016 и бр. 21/2017), техничко решење под називом: "**Прототип уређаја за мерење перформанси LoRa технологије базиран на хардверу отвореног кода**", аутора Милана Малића, Далибора Добриловића, Душана Малића, Жељка Стојанова, Срђана Сладојевића, **прихвата се** као техничко решење у категорији М85 - ново техничко решење у фази реализације које је развијено у оквиру пројекта „Развој софтверских алата за анализу и побољшање пословних процеса“ ТР-32044.

За тачност

Стојак Ленуца

Доставити:

1. Рецензентима
2. Архиви

