



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ И  
ХОТЕЛИЈЕРСТВО



Мср. Иван Б. Шећеров

**ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У ПРОЦЕСУ  
АКВИЗИЦИЈЕ ВЕЛИКИХ ВРЕМЕНСКИХ  
СЕРИЈА У МОНИТОРИНГУ КЛИМАТСКИХ  
ЕЛЕМЕНАТА**

-Докторска дисертација-

Нови Сад, 2021.

## САДРЖАЈ

<b>УВОД</b> .....	<b>5</b>
<b>ПОЛОЖАЈ ПОСМАТРАНОГ ПОДРУЧЈА И МРЕЖА СТАНИЦА</b> .....	<b>10</b>
<b>ПРЕГЛЕД АНАЛИЗИРАНИХ МРЕЖА СТАНИЦА</b> .....	<b>12</b>
<i>MERIEХWA - СИСТЕМ ЗА МОНИТОРИНГ ПОВРШИНСКИХ ВОДА</i> .....	12
<i>WANASTRAT - СИСТЕМ ЗА МОНИТОРИНГ ВЛАЖНОСТИ ЗЕМЉИШТА</i> .....	15
<i>NSUNET - СИСТЕМ ЗА ПРАЋЕЊЕ УРБАНЕ МИКРОКЛИМЕ</i> .....	17
<b>МЕТОДОЛОГИЈА И РЕЗУЛТАТИ СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ УРБАНЕ КЛИМЕ</b>	<b>17</b>
<i>ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА СТАНИЦА ОБА СИСТЕМА</i> .....	18
<i>УДАЉЕНИ (REMOTE) СЕГМЕНТ</i> .....	20
<i>CORE СЕГМЕНТ</i> .....	25
<i>ДАЉА РЕДИСТРИБУЦИЈА ПОДАТАКА И ЊИХОВА РЕДУДАНСА</i> .....	27
<i>ВИЗУЕЛНО ПРАЋЕЊЕ СИСТЕМА И РАД СА ПРИКУПЉЕНИМ ПОДАЦИМА</i> .....	28
<i>ТИПОВИ И СТРУКТУРЕ ПОДАТАКА</i> .....	30
<i>КОНФИГУРАЦИЈА СТАНИЦА И ВРЕМЕНСКА СИНХРОНИЗАЦИЈА</i> .....	32
<b>ДИСКУСИЈА И ЕВАЛУАЦИЈА ПОДАТАКА</b> .....	<b>34</b>
<i>ИЗБОР АДЕКВАТНОГ НАПАЈАЊА ЗА РАЗЛИЧИТЕ УСЛОВЕ</i> .....	34
<i>ПРАЋЕЊЕ РАДА СИСТЕМА</i> .....	35
<i>СИНХРОНИЗАЦИЈА ВРЕМЕНА</i> .....	36
<i>КОМУНИКАЦИЈА ИЗМЕЂУ СЕГМЕНАТА</i> .....	37
<i>ДИСКУСИЈА СПЕЦИФИЧНОСТИ ДИЗАЈНА NSUNET И URBAN-PREХ СИСТЕМА</i> .....	39
<i>НАЧИНИ ПРЕНОСА ПОДАТАКА</i> .....	40
<i>АУТОМАТСКА ДЕТЕКЦИЈА ПАДАВИНА URBAN-PREХ СИСТЕМА</i> .....	41
<i>СИСТЕМ РАНЕ НАЈАВЕ УРБАНИХ ПАДАВИНА</i> .....	42
<i>ПЕРФОРМАНСЕ РАДА СИСТЕМА И ДАЉИ РАЗВОЈ</i> .....	45
<i>ДЕТАЉНА АНАЛИЗА РАДА NSUNET СИСТЕМА</i> .....	46
<i>СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОШКИХ ПОДАТАКА NSUNET СИСТЕМА</i> .....	53
<b>ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У КОМУНИКАЦИЈИ ИЗМЕЂУ ПРОЦЕСА</b>	<b>57</b>
<b>ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У ИМПЛЕМЕНТИРАНИМ СИСТЕМИМА</b> .....	<b>57</b>
<i>МОДЕЛ СОКЕТ СЕРВЕРА СА КЛИЈЕНТСКОМ КОМПОНЕНТОМ</i> .....	60
<i>МЕХАНИЗМИ ДЕТЕКЦИЈЕ СТАЊА CHILD ПРОЦЕСА</i> .....	67
<i>ТОК ПОДАТАКА И КОНТРОЛНЕ ПОРУКЕ</i> .....	67
<i>ЕКСТРЕМНИ СЛУЧАЈИ РАДА СИСТЕМА</i> .....	68
<i>ДИСКУСИЈА РАДА HRSS СИСТЕМА</i> .....	69
<i>СТУДИЈА СЛУЧАЈА РС ПРИЛИКОМ АКВИЗИЦИЈЕ ВЕЛИКИХ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА</i>	<i>71</i>
<i>Услови извођења експеримента</i> .....	71
<i>Првобитни тестови и резултати</i> .....	74

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

<i>Серија случаја преноса података преко мрежног сокета.....</i>	<i>75</i>
<i>Финална провера поузданости псеудо климатолошких мерења.....</i>	<i>77</i>
<b>ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>78</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>83</b>
<b>ДОДАТНИ МАТЕРИЈАЛ.....</b>	<b>93</b>
<b>БИОГРАФИЈА.....</b>	<b>96</b>

"And all I ask is a tall ship and a star to steer her by."

John Masefield

## УВОД

Живот у урбаном окружењу креира специфичну микроклиму, посебно гледано из аспекта екстремних температура и влажности ваздуха. Све то на директан начин утиче на квалитет живота у оваквим окружењима (Вајшански et al. 2015). Микроклима доводи до повећања могућности плувијалних поплава и остварења осталих климатских хазарда. Гледано из аспекта данашњег времена, више од половине глобалне популације живи у урбаном окружењу. Предвиђа се да ће до 2050. године, више од 2/3 светске популације насељавати исто подручје (UN 2014). Сматра се да урбана клима директно утиче на своје житеље (Savić et al. 2018a). У односу на природно окружење, она трпи модификације које врло често имају негативне последице поготову током екстремних климатских услова. Климатске модификације у урбаним срединама зависе како од изграђеног окружења, тако и од типа заступљених површина попут вештачких површина, њене текстуре, густине становништва, саобраћаја као и утрошка енергије. Феномен градског острва топлоте (urban heat island, UHI), као и површинског топлотног острва (surface urban heat island, SUHI), представља однос разлика температура између урбаног и руралног ваздуха или површине. Све то доводи до већег интензитета топлотног таласа у махом густо изграђеном урбаном окружењу што директно утиче на здравље градских житеља, екосистем и локалну комуноу као и до смањења термалног комфора (Wilhelmi and Hayden 2010; Cetin 2015; Cetin et al. 2018, b; Savić et al. 2018b). Доказ да ово нису једини параметри који прате урбано живљење, представљају и плувијалне поплаве, које се чешће јављају у летњем делу године, када се у кратком временском периоду излучи велика количина падавина. Ово у великом броју случајева доводи до застоја саобраћаја, а некада и до великих материјалних губитака. У градским срединама, могуће је пратити колебања влажности ваздуха у зависности од синоптичке ситуације (Milošević et al. 2018) где се уочавају комплексна кретања ваздуха условљена оријентацијом улица и објеката (Savić et al. 2018a).

Учестала тежња за квалитетнијим животним окружењем намеће потребу за бољим познавањем урбаног простора и његовог екосистема. Различити урбани фактори доводе до осећаја пријатности тј. непријатности код становника градова. Све ово је директно повезано са начином планирања простора и његовој успешности иако студије показују различите

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

биоклиматске зоне комфора које су начелно окарактерисане као прихватљиве (Cetin 2015). Како бисмо били у могућности да креирамо урбани простор на начин који би довео до његовог оптималног искоришћења у смислу квалитета урбаног живљења, неопходан захтев је детаљна анализа и познавање реалних урбаних климатских услова.

Како би се одговорило на овај задатак, изградња базе података и аквизиција великих временских серија представља неопходну основу научне анализе. Техничко решење које омогућава овакав вид аквизиције података представљају мреже урбаних метеоролошких станица (urban meteorological networks, UMNs). Често овакви системи имају улогу да прикупе велику количину података у краћим временским периодима најчешће око годину дана а понекад само са фокусом на оадређени екстремни временски период (нпр. топли или хладни таласи) (Grimmond 2006). Дуготрајна функционалност оваквих мрежа представља велики изазов. Потешкоће су условљене брзим технолошким променама, недостатком финансија као и специфичностима локација на којима су системи постављени. Задњих пар деценија велики број оваквих система пуштен је у рад на различитим локацијама, са циљем прикупљања података о атмосферским процесима који се одвијају у урбаном окружењу (Muller et al. 2013a). Једна од првих UMN у оквиру урбане зоне града, са циљем да прикупи информације о УНП, квалитету ваздуха, као и о топлим и хладним таласима пуштена је у рад у САД, Токију и Финској (Muller et al. 2013a). The Oklahoma City Micronet (OKCNET) започиње рад 2008. године са четири мезонет и 36 микронет станица монтираним на стубовима саобраћајних знакова на висини од 10 м (Basara et al. 2010; Hu et al. 2016). У оквиру Токија (2187 км<sup>2</sup>) са 120 метеоролошких станица постављених по школама пуштен је у рад Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System (METROS) (Mikami et al. 2003). Фински метеоролошки институт поставља 300 сензора на површину од 150 км<sup>2</sup> у оквиру Хелсинкија и околине (Dabberdt et al. 2005; Poutiainen et al. 2006; Koskinen et al. 2011).

Једна од најгушћих мрежа представља The Birmingham Urban Climate Laboratory (BULC). Састоји се од 30 метеоролошких и 250 мерних станица за праћење темепературе ваздуха (Charman et al. 2012; Charman et al. 2015; Warren et al. 2016). У граду Туркуу (Финска), 58 дата логера типа Novo H8 Pro, под називом Turku Urban Climate Research Project (TURCLIM) постављено је у циљу прикупљања темепературе ваздуха у интервалима од 30 минута (Suomi

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

and Käyhkö 2012). У Сегедину (Мађарска) у циљу праћења УНІ постављено је 24 мерне станице које прикупљају температуру и влажност ваздуха (Lelovics et al. 2014; Skarbit et al. 2017). The Metropolitan Station System in Olomouc (MESSO), у Чешкој, распростире се на 24 локације на којима су постављене метеоролошке станице и засебни сензори који мере температуру и влажност ваздуха у циљу праћења УНІ као и термалног комфора и разлика у локалним климатским зонама (Lehnert et al. 2015). The high-density street level air temperature observation network (HiSAN) у оквиру града Таинан (Тајван) садржи 102 аутоматске метеоролошке станице постављене по ободима урбане регије. Циљ постављања ове мреже је праћење интензитета УНІ, као и његових варијација (Chen et al. 2018; Lin et al. 2019). У оквиру МОССА пројекта, у Генту (Белгија), постављено је 6 аутоматских метеоролошких станица ради анализе УНІ као и анализе термалног комфора ([http://www.observatory.ugent.be/index\\_eng.html](http://www.observatory.ugent.be/index_eng.html)). Протеклих година, такозвани crowdsourcing представља нову технику прикупљања података (Bell et al. 2013) преко неколико стотина мерних станица у Лондону (Charman et al. 2017) и Берлину (Meier et al. 2017; Fenner et al. 2017).

Повећан технолошки развој као и његов утицај на околна подручја захтева боље познавање топологије и међусобних односа елемената урбанизоване средине. Како би се такви односи могли анализирати, краткотрајне и дуготрајне модификације окружења морају бити пре свега забележене. Праћење и документовање великих временских серија као и њихова могућност примене у анализи представљају кључни елемент у системима за мониторинг природних окружења. Могућност да се такви подаци забележе и да при томе задрже поузданост мерене информације представљају велики изазов који треба решити. Прикупљање података у реалном времену представља значајан адут у научној анализи, без обзира да ли је њен циљ боље упознавање простора у коме живимо или предвиђање хазарда и упозоравање на исте. У зависности од примене, разна решења се развијају као и студије о њиховом раду (Mohd, F.O. and Shazali, K. 2012). Успешност UMN директно зависи од превазилажења неколико препрека: неопходна је поуздана и материјално прихватљива дистрибуција података, темељно познавање рада читавог система као и робусна инфраструктура. Од физичке особине локације на којима се станице постављају врло често зависи одабир комуникационих технологија са којима ће се подаци преносити. Уколико дистанца између станица и централне локације за аквизицију података није превелика,

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

комуникација може да се врши преко жичног Ethernet-a (IEEE 802.3), DSL/ADSL линија или све више популарног бежичног преноса података путем бежичног Wireless Ethernet-a (IEEE 802.11), као и путем мање популарних GSM/GRPS мрежа, пре свега због трошкова преноса података (Muller et al. 2013b). The Oklahoma City Micronet (OKCNET) (Basara et al. 2010; Schroeder et al. 2010; Basara et al. 2011) као и Birmingham UMN (BUCL) (Young et al. 2012; Charman et al. 2012, 2015) су примери система базираних на бежичним Wireless Ethernet технологијама, иако поред свега наведеног GSM/GRPS пренос покрива већа прострaнства.

Неретко, на локацијама на којима су постављене станице не постоје могућности напајања струјом. У таквим случајевима, као и за потребе увођења редундансе са циљем постизања робусности, напајање се врши путем батерије. Уређаји попут GSM модема или Wi-Fi радио адаптера могу имати различит утицај на потрошњу батерије (Paller, G., Szármes, P. and Élő, G. 2015). Разни покушаји решавају донекле поменути проблематику. Тако је пример са технологијама попут IEEE 802.15.4 као и ZigBee протокола (Kulkarni, K.A. and Zambare, M.S. 2018; Mile, A., Okeyo, G. and Kibe, A. 2018). Окружење које се прати може захтевати специфично постављање сензора као и начина комуникације између истих. Студије дефинишу више различитих топологија које се могу видети у оквиру Wireless sensor networks (WSN), као најпопуларнијег вида посматрања и бележења појава у датом окружењу. Такве топологије су дефинисане као: bus, tree, star, ring, mesh, circular и grid (Sharma, D., Verma, S. and Sharma K. 2013). Када су подаци успешно прикупљени и процесуирани, информације добијене од сензора оваквих система могу послужити у разним областима и за различите сврхе. Тако на пример, да упозоре на шумске пожаре (Lutakamale, A.S. and Kaijage, S. 2017) или да детектују загађеност ваздуха (Kulkarni, K.A. and Zambare, M.S. 2018), као и да допринесу већој просторној и временској густини измерених података (Horton et al. 2018), праћењу процента угљен диоксида путем non-dispersive инфрацрвеног сензора (Delebarre et al. 2018) и квалитета површинских вода (Strobl, R.O. and Robillard, P.D. 2008). Примена оваквих система није лимитирана само површинским локацијама већ се могу користити за мониторинг рудника угља (Gilbert, E.P.K., Kaliaperumal, V. and Rajsingh, E.B. 2012) као и акватичних средина приликом морских истраживања, спречавања катастрофа као и у функцији стратегијског праћења (Al-Subhi et al. 2018), а и много више од свега наведеног.



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Примена специфичног хардвера чија се контрола врши путем специјално дизајнираног софтвера са улогом аутоматизације прикупљања података, у великој мери повећава спознавање окружења у коме се налазимо. Дата логери (data loggers) приступачнијих цена све више се примењују у различитим процесима аквизиције података (Chapin, T.P., Todd, A.S. and Zeigler, M.P. 2014). Уз минималну интервенцију човека, подаци се константно мере и прикупљају (Abdullah et al. 2017). Различита решења у оквиру себе интегришу велики распон хардвера како и патентираних тако и јавно доступних микро контролера попут Ардуина (Ali et al. 2016; Rayero et al. 2017). Прикупљање података у реалном времену има значајну улогу у различитим процесима, попут климатолошких и хидролошких анализа тако и у процени ризика. (Lwin, K., Hashimoto, M. and Murayama, Y. 2014).

Овај рад представља синтезу претходних искустава различитих решења WSN (MERIEXWA и WANASTRAT) у оквиру више Instrument for Pre-Accession Assistance (IPA) прекограничних пројеката као и развој два система за праћење параметара урбане климе (NSUNET и URBAN-PREX).

Посебно поглавље рада представљено је анализом поузданости података у оквиру комуникације између различитих процеса самог централног сегмента као финалне етапе у аквизицији прикупљених података. Експерименталном методом ће бити приказане серије случајева са циљем да покажу ниво поузданости података чији процес прикупљања започиње на самом сензору а крајњи исход представљен је подацима на основу којих се врше научне анализе и информисање корисника о екстремним и хазардним стањима мерених објеката.

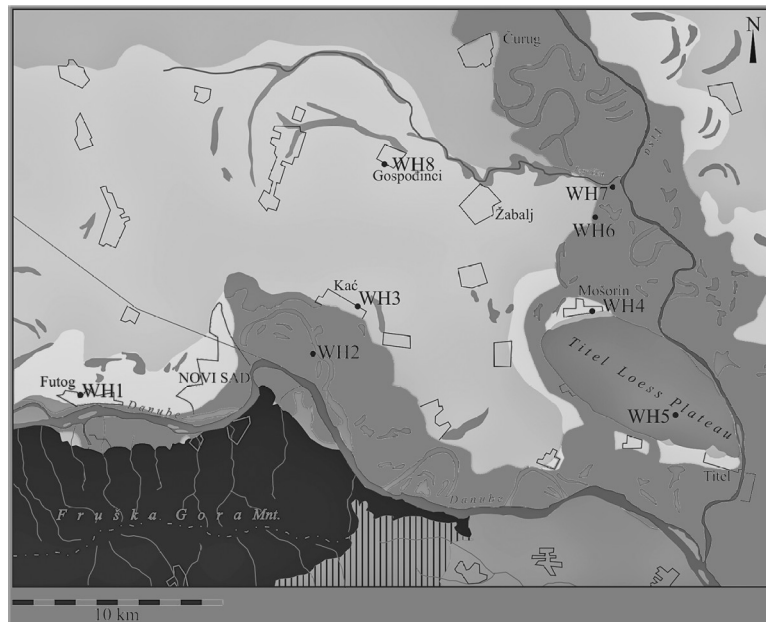
За успешност експеримента, развијен је посебан модел сокет сервера у програмском језику С. Како би се комуникација између самих процеса серверске апликације боље испратила, развијен је по истим принципима и клијентски програм уз кога је могуће детаљно испратити успешност рада целокупне сесије трансфера измерених података.

## **ПОЛОЖАЈ ПОСМАТРАНОГ ПОДРУЧЈА И МРЕЖА СТАНИЦА**

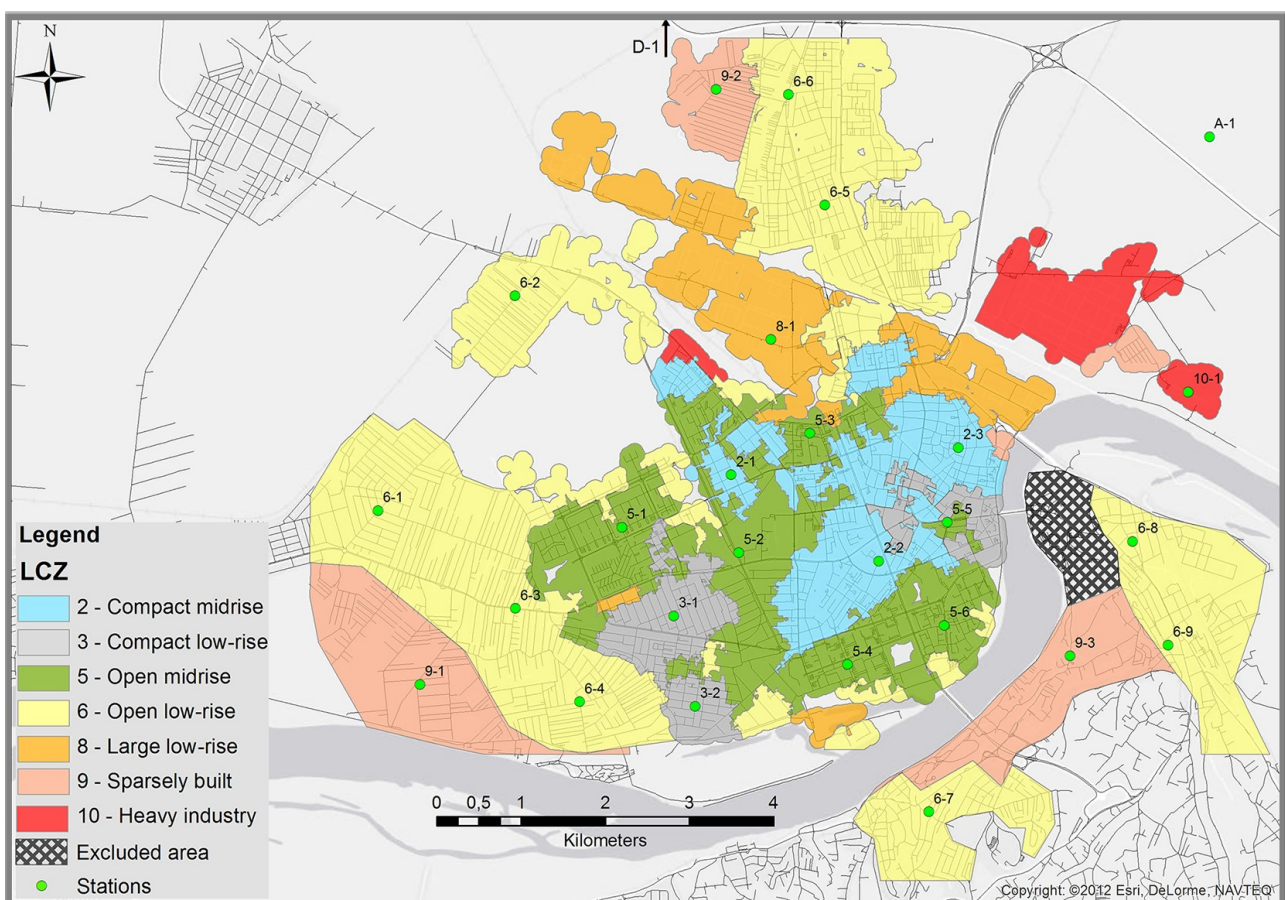
Подручје у којем је исказана потреба постојања мреже станица је АП Војводина у северном делу Србије, са површином од 21.614 км<sup>2</sup> и 1.931.809 становника према званичном попису из 2011. (данас имамо око 100 000 мање). Посматрано подручје се распростире у јужном делу Панонске низије, заравњене површине која се налази на Холоценим седиментима са благим падинама, које немају значајних утицаја на климатске прилике. На основу Көррен-Geiger климатске класификације (Kottek et al. 2006), регија у којој се простире Војводина је категоризована као Cf клима, топла клима са равномерним годишњим распоредом падавина.

Системи WANASTRAT и MERIEXWA WSN (прилог 1а, 1б, 1ц) постављени су северно од Суботице и у централном делу Војводине, недалеко од Новог Сада. NSUNET систем лоциран је у самом Новом Саду (другом граду по величини у Србији) и његовој урбаној површини од око 102 км<sup>2</sup> (45° 15' N, 19° 50' E) са популацијом од око 330,000 становника (подаци из 2017.). Урбана површина се простире са релативно благим падинама између 80 и 86 м, док се њени јужни делови налазе на нешто вишој надморској висини од око 130 м, постављени на ивици северних обронака Фрушке горе (Вајшански et al. 2015; Unger et al. 2011) (највиши врх 539 м), одвојени од осталог насељеног подручја реком Дунав (распон ширине од 260 до 680 м). Северним делом града пролази узак канал Дунав-Тиса-Дунав који дели насељену и индустријску зону. Средња месечна температура износи од -0,4°C у јануару до 21,7°C у јулу. Просечна количина падавина износи 598 мм (на основу података измерених између 1949. до 2013. године).

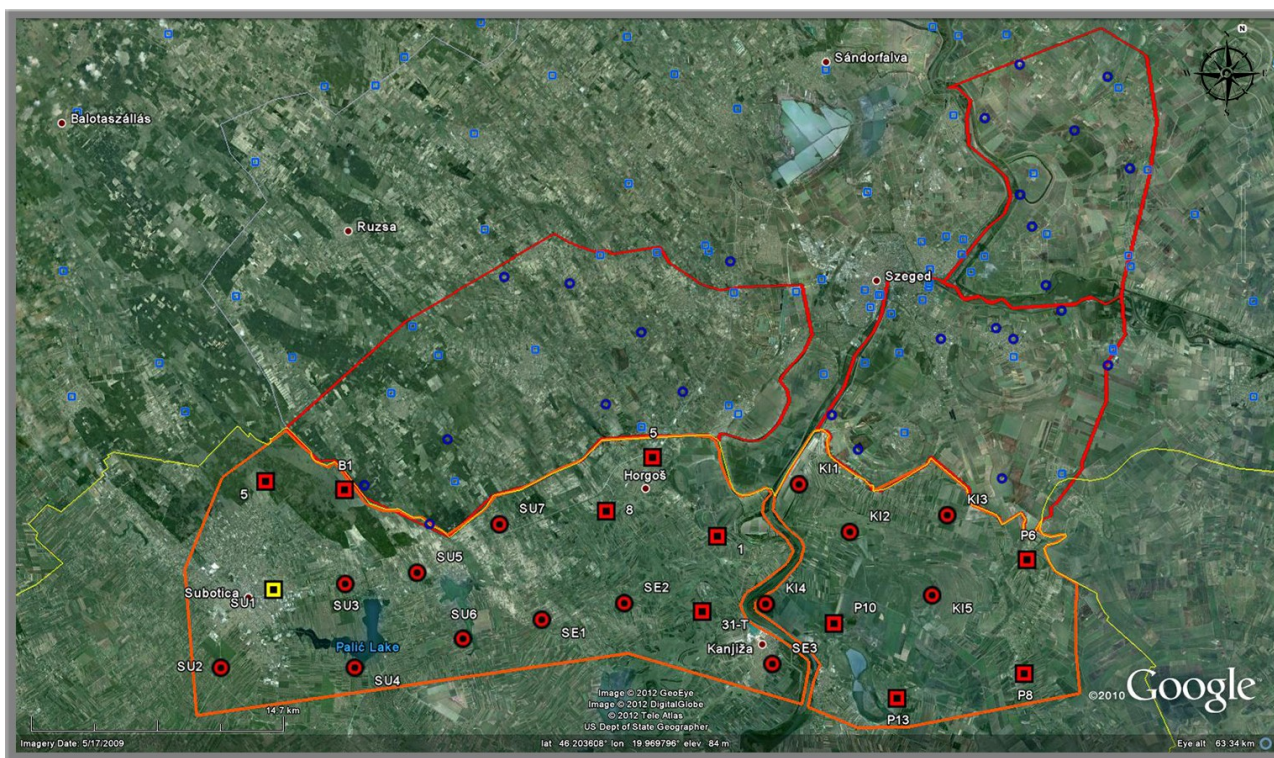
Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements



Прилог 1а. Положај WANA STRAT станица (Јовановић et al. 2013)



Прилог 1б. Положај NSUNET станица



Прилог 3ц. Положај MERIEXWA станица (исвор: Google maps) (круговима су обележени бунари са мерним станицама; квадрати представљају бунаре специјално бушене за постављање MERIEXWA станица

## ПРЕГЛЕД АНАЛИЗИРАНИХ МРЕЖА СТАНИЦА

### *MERIEXWA - СИСТЕМ ЗА МОНИТОРИНГ ПОВРШИНСКИХ ВОДА*

Прекомерна количина изливених површинских вода представља велики проблем пре свега за пољопривреду (Gál, N. and Farsang, A. 2013) а у екстремним случајевима може довести до напуштености поплавлених објеката и недоступности путева (Károly, B. 2013). У зависности од простирања и локације захваћеног подручја, материјална штета може бити велика. Надзор водених површина и пре свега предикција изливања представља велики изазов. Систем за праћење овог типа појава у северном делу Војводине, састоји се од 25 мерних станица са сензорима постављеним на површини сваког бунара. Главни циљ при конципирању овог система био је праћење промена нивоа површинских вода у дугом временском периоду и

изградња базе података измерених вредности као извор за израду хидронамичког модела (Brkić et al. 2013).

Ниво површинских вода се утврђује путем мерења акустичног сигнала генерисаног путем КРЕГ-272 звучника. Због природе бунара и саме чињенице да се састоје од поливинил хлорида (рвс), констатован је велики ниво рефлексија из предела спојева цеви. Мерење нивоа површинских вода се врши у фрекфентом опсегу око 4 kHz у оквиру кога су рефлексије готово незнатне (Brkić et al. 2013). Као пријемник користи се микрофон типа АВМ-713. Систем за пренос података користи GSM захваљујући доброј покривености мреже.

Због чињенице да у пределу бунара не постоји никакав извор напајања, мерна станица је опремљена Lithium Thionyl Chloride (Li-SOCl<sub>2</sub>) акумулатором са аутономијом рада на веома ниским температурама (до -40°C) и малим степеном пражњења. Излазни напон батерије износи 3.6 V а њен капацитет 19 Ah, што омогућава непрекидно напајање система у периоду до две године (Brkić et al. 2012) након чега систем престаје да ради све до замене нових батерија.

Појединачна станица MERIEXWA система прикупља податке у оквиру дефинисаног периода, након чега следи активација модема, бележење тренутног времена и стања напона батерије. Подаци се шаљу на следећи начин: првих пар бајта представља заглавље које описује укупну дужину поставки и измерених података. Затим следе параметри поставки након којих се шаљу измерени подаци. Након успешног слања, нова подешавања се преузимају са сервера. Када су поставке активирани, модем се искључује како би се смањила потрошња батерије. Структура података између сервера и станица садржи поставке и измерене податке.

Појединачној станици додељен је јединствени deviceId, на основу кога се препознаје порекло података приликом конекције на сервер. IP сокет на коме серверска апликација слуша дефинисан је као serverIp и tcpPort. GSM подешавања, период мерења и време када се станица буди, дефинисани су на сличан начин.

Укупна величина података који дефинишу поставке износи 14b. Мерења су дефинисана као: датум и време, напон батерије, режим мерења, унутрашња и спољна температура, време одзива и његов максимум. Укупна величина података која описује мерења износи 16b. Због

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената**Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

присуства чињенице да нивои вода у овом типу посматрања имају мале осцилације у кратком периоду, мерења се врше једном дневно.

Целокупан MERIEXWA систем има централизован начин рада (Reina et al. 2013). Свака станица шаље податке на јединствену локацију са сервером. Апликација која се налази на њему није развијана као модуларна и писана је у JAVA програмском језику, што јој омогућава да ради на разним платформама без потребе за већим модификацијама. Комуникација између станица и сервера се врши путем бинарног протокола искључиво развијеног за рад MERIEXWA система.

Након што је успостављена конекција са серверском апликацијом, обавља се минимална аутентификација искључиво са циљем детерминације субјекта мерења. Након успешног преузимања података, исти бивају конвертовани у адекватну структуру система за управљање са базом sqlite. Критеријум избора овог типа базе података као начина складиштења мерења, искључиво је њен минималистички дизајн и мали утицај на серверске ресурсе. Трансмисија се сматра завршеном када станица више нема шта да пошаље.

Приступ измереним подацима складиштеним у бази података могућ је путем web апликације развијене у JAVA програмском језику. Основне имплементиране функције представљају извоз података у жељеном формату за потребе даље анализе. Присутан је и мониторинг основних атрибута станица (прилог 2).

ID	Location	Measured operator	Data transmission period	Acc counter	Alarm hours	Alarm minutes	Attenuation	Changes counter	Last data arrival	Action	
0	null	1	1	0	1	1	1	680	-34	2013-11-22 19:21:24	Change Show
1	SU1	1	7	0	15	1	215	1300	-1	2014-02-08 15:06:31	Change Show
2	KI3	0	7	32	15	2	150	1070	-2	2014-02-07 11:55:18	Change Show
3	SU5	1	7	32	15	3	200	970	0	2014-02-07 15:07:18	Change Show
4	SE3	1	7	32	15	4	100	800	0	2014-02-05 15:08:02	Change Show
5	P14	1	7	32	15	5	180	690	0	2014-02-04 15:09:16	Change Show
6	8SE	1	7	32	15	6	210	850	0	2014-02-05 15:11:03	Change Show
7	SU3	1	7	32	15	7	150	660	-1	2014-02-05 15:13:16	Change Show
8	KI4	1	7	32	15	8	200	1190	-4	2014-02-05 16:29:54	Change Show
9	P8	1	7	1	15	9	180	1000	-3	2014-02-04 23:37:42	Change Show
10	31T	1	7	32	15	10	200	300	-1	2014-02-05 15:16:30	Change Show

*Прилог 2. Web портал и његове опције за мониторинг MERIEXWA система (извор: <http://88.198.112.245:8080/SenzorListenerWeb/GetSenzors>).*

Поље Not sent in last 10 days пружа информацију о томе да ли је станица у функцији или није. Уколико ова опција има тренутну вредност No, станица је функционална и њен рад је неометан. Вредност Yes, информише о томе да станица није послала податак у дефинисаном временском периоду. Cron job (time-based job scheduler у Unix системима) извршава

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

аутоматске задатке који се користе при анализи целокупног MERIEXWA система. Најбитнија од ових информација представља дневни извештај који се извршава на крају сваког дана. Прикупљени подаци се шаљу путем имејла (email) како би се могло информисати о грешкама у акустичном сигналу или ако подаци нису послати у периоду од десет дана. Додатни стоп задатак представља Watchdog који се извршава више пута дневно и служи за анализу прикупљених података. Уколико се подаци приближавају дефинисаном прагу, специјална форма дневног извештаја се шаље путем email (прилог 3).

	Sensor	Max>2450	Samples 0	Not sent within last 10 days
0	null	no	no	yes
5	P14	yes	no	no
9	P8	yes	no	no
13	empty	no	no	yes
17	empty	no	no	yes
18	empty	no	no	yes
25	SSE	yes	no	no
Sajam	no	no	no	yes

Прилог 3. Сервисни email који служи да упозори на проблеме у раду MERIEXWA система.

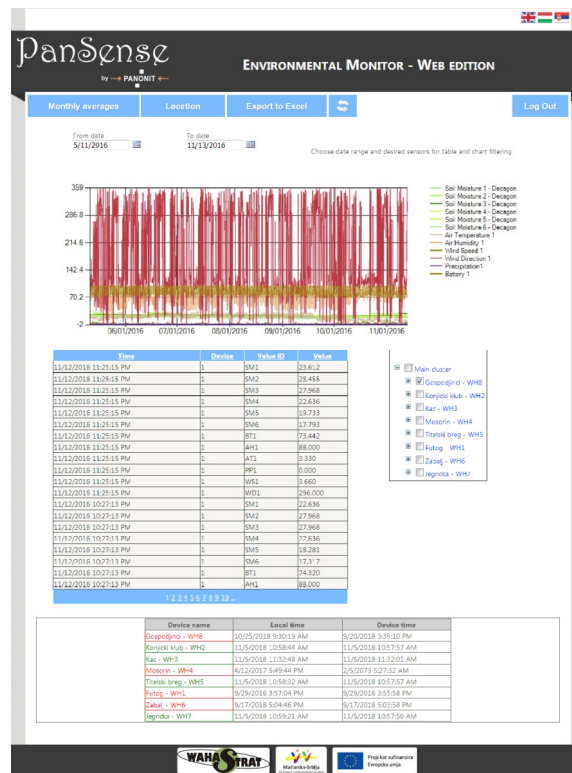
*WAHASTRAT - СИСТЕМ ЗА МОНИТОРИНГ ВЛАЖНОСТИ ЗЕМЉИШТА*

Дефицит воде и суша, представљају најбитније хидро-климатске хазарде и као такви често доводе до значајних материјалних штета на већини места на Земљи (Jovanović et al. 2013). Како би се помогло бољем разумевању оваквих појава, у оквиру IPA прекограничних пројеката, систем под називом WAHASTRAT развијен је са циљем праћења стања воде у пределу Бачке, јужном делу велике Карпатске низије. WAHASTRAT се састоји од 8 удаљених мерних станица опремљених са Decagon EC-5 Volumetric Water Content сензором, чији је циљ да детектује volumetric water content (vwc) мерењем диелектричке константе путем capacitance and frequency domain technology. Заједно са сензорима произвођача Davis, влажност земљишта, температура ваздуха, правац и брзина ветра се детектују приликом сваког мерења. Станице се напајају путем соларних панела који напајају maintenance-free, non-spillable батерије са аутономијом рада 30 дана у периодима када нема или има врло мало сунчеве светлости.

Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements

Подаци се шаљу преко GSM модема, путем HTTP протокола а структура је дефинисана као сирова (raw). У периодима када наступи време буђења, станица прелази из спавајућег у активни режим рада. Након успешне конекције са сервером, прво долази до преузимања конфигурације. Уколико је конфигурација валидна, наступа пренос измерених података. У случају прекида у комуникацији ка серверу и проблема са мрежом, подаци се складиште у интерној меморији станице где чекају поновну ретрансмисију приликом следеће успешно конектоване сесије. Апликација задужена за пријем података, проверава њихову валидност и складишти их у Microsoft SQL database сервер. Синхронизација времена препознаје локалне временске зоне а након успешног слања података долази до провере тренутног времена на серверу. Уколико је потребно врши се корекција података на основу вредности локалног времена. Web апликација омогућава приказ статистике о раду система као и извоз података у Microsoft Excel фајл (прилог 4).



Прилог 4. Web апликација за мониторинг и приказ мерних података WAHASTRAT система (извор: <http://ftn.panonit.com:8095/login.aspx>)



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

### *NSUNET - СИСТЕМ ЗА ПРАЋЕЊЕ УРБАНЕ МИКРОКЛИМЕ*

Развојем Интернета, концепта Internet of things као и релевантних комуникационих технологија, настала је идеја о паметној планети (Qiu et al. 2017). Саставни део сваког паметног града (smart city) представљају мреже станица са функцијом прикупљања у реалном времену промена попут температуре и влажности ваздуха, правца и брзине ветра, сунчеве радијације и параметара који показују загађеност ваздуха. Висока резолуција оваквих података често је незамељива у бројним анализама (Charman et al. 2012; Lelovics et al. 2014; Šećerov et al. 2015). Праћење промена у оваквим микроокружењима помаже бољем креирању животног простора као и да укаже на могућности смањења утршка електричне енергије. Један од најзначајнијих захтева оваког типа мрежа представља пре свега изградња базе серија података. Као препрека свему томе најчешћи проблеми се јављају приликом трансмисије вредности мерења (непоуздан радио пренос) као и слаб интегритет инстанци на којима се складиште подаци и сл.

У циљу аквизиције велике временске серије и ефективног мерења параметара урбане климе, у оквиру урбане зоне Новог сада, у периоду између 2014. и 2015. године постављен је систем од 27 мерних станица под називом NSUNET (Novi Sad Urban Network). Опремљен са сензорима за мерење температуре и влажности ваздуха као и са једном аутоматском метеоролошком станицом (AWS) чија улога је да прикупи податке о ветру и соларној радијацији, систем је развијен у оквиру Interreg-IPA пројекта прекограничне сарадње са Мађарском (назив пројекта: Evaluation and public display of URBAN PATterns of Human thermal conditions - URBAN-PATH; project ID: HUSRB/1203/122/166) (Unger et al. 2014).

### **МЕТОДОЛОГИЈА И РЕЗУЛТАТИ СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ УРБАНЕ КЛИМЕ**

Задатак аквизиције података путем поменутих система представља смањење процента губитака забележених мерења. Са обзиром на то да се станице налазе на урбаној области града, различите локације са собом доносе проблеме попут људског вандализма, одсуства адекватног напајања станица као различитих могућности преноса података (Muller et al. 2013b). Како би се решили поменути проблеми или свели на њихов минимум, неопходан је систематски приступ конципирању дизајна система као и одабиру његове топологије. Начин

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

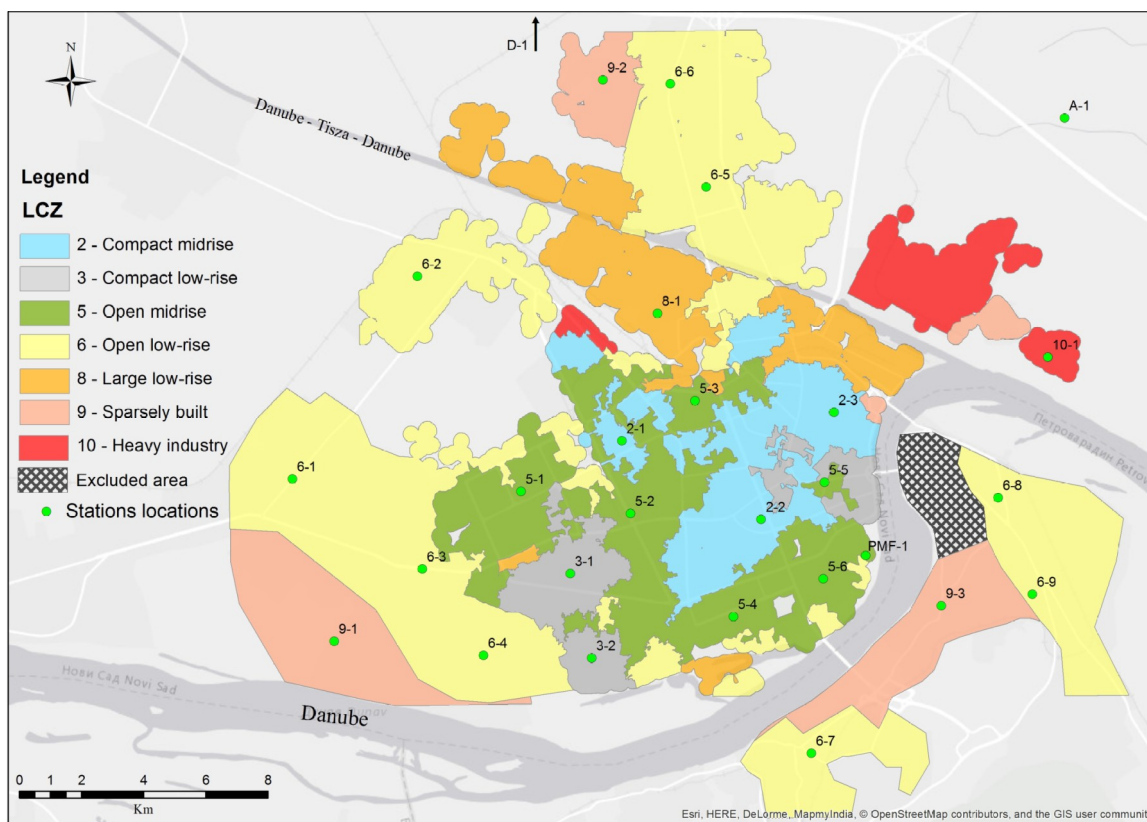
*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

да овакви типови система поседују висок ниво поузданости, представља њихову сегментацију на међусобно независне аутономне модуле. Оба система (NSUNET и URBAN-PREX) су подељени у три сегмента: а) удаљени сегмент (remote segment) у коме су постављене станице; (б) централни сегмент (core segment) који преузима, процесира и складишти примарне и секундарне податке мерења; и (ц) сегмент за даљу редистрибуцију података тј. third-party сегмент.

### *ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА СТАНИЦА ОБА СИСТЕМА*

Избор локација на којима су постављане станице извршен је на основу принципа класификације локалних климатских зона (LCZ) (Stewart and Oke 2012), ГИС алатки за калкулацију методологије (Lelovics et al. 2014) као и смерница за адекватна метеоролошка проматрања урбаних локација (Aguilar et al. 2003; Oke 2006; Muller et al. 2013b). На основу урбане шеме Новог Сада и личног познавања простора самих истраживача, NSUNET систем је састављен од 25 мерних станица постављених у оквиру 7 међусобно различитих локалних климатских зона које карактеришу сваку тачку постављања станице. Постављене су још две додатне станице у оквиру land cover classes (LCZs A и D) задужене да мере климатске услове у неурбанизованим областима (Unger et al. 2015; Šećerov et al. 2015). Додатно, још једна аутоматска метеоролошка станица (AWS) постављена је на врху Природно-математичког факултета (Универзитет у Новом Саду) са улогом да прати промене соларне радијације и параметара ветра (прилог 5).

Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements



Прилог 5. Просторна дистрибуција локалних климатских зона (LCZ) и NSUNET станица.

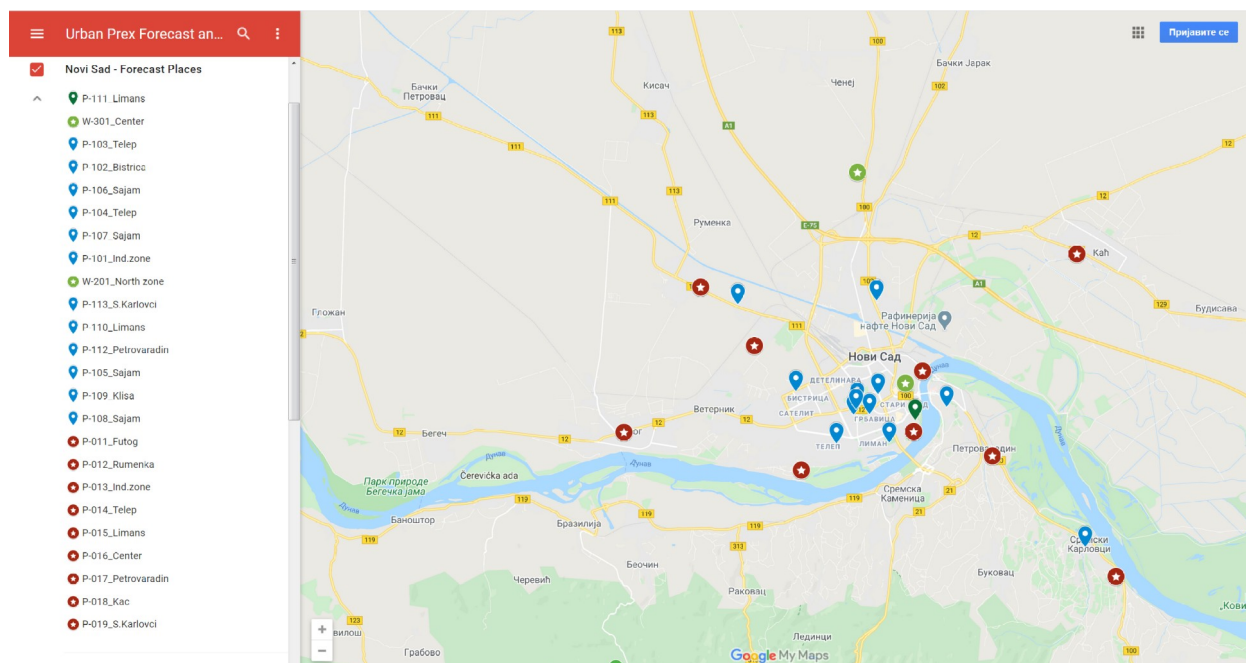
Систем за праћење падавина у подручју Новог Сада, под називом URBAN-PREX састоји се од укупно 19 падавинских станица. Станице су распоређене у две групе. Прва група станица се дефинише са ознаком 1xx (пример: 101, 102,... 117) и опремљена је са Lambrecht meteo rain[e] тежинским сензорима за мерење количине падавина. Станице које носе ознаку 2xx (пример: 201, 202) представљају аутоматске метеоролошке станице (AWS) и опремљене су са Davis Vantage Pro2 сензорима и Luftt W100 паметним диздрометром.

Дванаест станица опремљених са Lambrecht meteo rain[e] сензором постављене су у урбаном окружењу док су три станице постављене у руралној области (прилог 6). По једна AWS станица са диздрометром постављена је у центру града и природној средини. Критеријум одабира локација представља доступност електричне мреже. Грејач чија је улога крављење снега, имплементиран у оквиру Lambrecht meteo rain[e] сензора захтева већу потрошњу струје. Други критеријум одабира локације места склона плувијалним поплавама. Узета је у обзир и покривеност Интернетом као и безбедност сваке станице. URBAN-PREX у

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

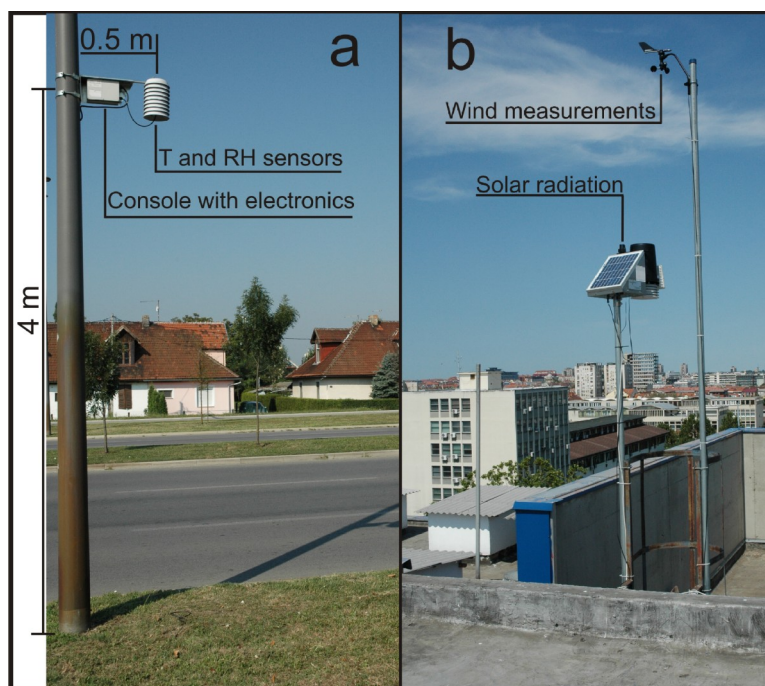
себи садржи и девет падавинских станица у власништву ЈКП Водовод и Канализација из Новог Сада. Сви сензори за мерење падавина су смештени у нивоу земље.



*Прилог 6. Локације URBAN-PREX падавинских станица (плава и зелена боја) као и локације станица у власништву ЈКП Водовод и Канализација (црвена боја). Зеленом звездицом су обележене локације AWS. (извор: Savić et al. 2019)*

### УДАЉЕНИ (REMOTE) СЕГМЕНТ

Мерне станице NSUNET система су опремљене сензорима типа ChipCar 2 и заклоњене су од директне сунчеве радијације. Прекалибрисани сензори су произведени од стране General Electric Measurement & Control Company. Тачност сензора за мерење температуре ваздуха износи  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , док сензора за мерење влажности ваздуха износи  $\pm 2\%$  (20–80% RH). Станица садржи програмабилну read-only меморију (EPROM) која служи за складиштење података, GPRS/EDGE/3G модем, напајање као и додатну батерију постављену у кућишту саме станице. Сензори се налазе на 4 м висине од подлоге (са девијацијом од  $\pm 0.2$  m) фиксирани на држачима удаљеним 50 cm од стуба бандера јавне расвете (прилог 7а).



Прилог 7. а) Станица (5-2) са сензорима за температуру и влажност ваздуха, постављена на стубу јавне расвете; б) AWS постављена на крову Природно-математичког факултета (Универзитет у Новом Саду)

Све станице постављене у околини града постављене су на 2 м висине изнад земље. (Šećerov et al. 2015). AWS PanSense V2 модел користи сензоре типа Davis Instruments и налази се на 35 м релативне надморске висине, на крову Природно-математичког факултета (Универзитету у Новом Саду) (прилог 7б). Станице са ознакама А-1 и РМФ-1 имају континуално напајање струјом, док остале станице имају спољашње напајање у периодима када је јавна расвета укључена (током вечери и ноћи). У току дана, у периоду када јавна расвета није активна, станице се напајају путем батерије (Šećerov et al. 2015). Период у коме се батерије могу пунити, генерално је означен изласком и заласком сунца, чија дужина варира током годишњих доба. Како би се систем заштитио од потенцијалних проблема са напајањем, инсталиране батерије морају поседовати дуг век као и брз период пуњења. Станица користи Power-Sonic corporation PS-1242 12 V 4.5AH акумулаторе који могу омогућити напајање до 15 дана, у ком периоду аквизиција података остаје у потпуности функционална.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Станице се активирају сваки минут, када започиње мерење тренутних вредности климатолошких параметара, провере стања напајања (струје, напона мреже, стања батерије) као и додатних техничких параметара који омогућавају праћење стања и поузданости система. Број неопходних мерења који карактерише једну сесију представљен је специјалном променљивом која дефинише дужину сесије (session length). Учесталост слања података на core segment контролише вредност периода трансмисије (transmission period). Сви прикупљени подаци складиште се у EPROM меморији станице. Температура ваздуха (Т) (једначина 1) као и његова релативна влажност (RH) (једначина 2) при вредности session length = 10 може се добити на следећи начин:

$$\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} T_i \quad (1)$$

$$\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} RH_i \quad (2)$$

Како би се сачувао напон батерије, могуће је повећати период између две узастопне сесије. Већа вредност константе transmission period, смањује потрошњу батерије, што је од великог значаја за локације са учесталим прекидима у напајању струјом. На овај начин, укупна поузданост у аквизицији података целог система се значајно повећава. Станице користе универзално време (UTC) као системско време, које се синхронизује за време трансмисије података са core сегментом. Слање података започиње последње аквизираним мерењем након чега следе мерења која нису успела да буду послата у току претходних сесија (уколико има таквих). Градске институције, којима је од значаја пружање информација оваквих система, загарантовано добијају актуелан статус стања временских услова у урбаном оркужењу. Када је достигнута вредности session length, станице детектују додатне информације о свом раду, тренутним и критичним проблемима (уколико постоје) и пакују их у структуру којом се врши пренос података. Са обзиром на чињеницу да NSUNET систем користи GSM мрежу за трансмисију података, додатна опција са сврхом дојаве проблема о раду система, имплементирана је путем слања SMS нотификације. Ова чињеница додатно повећава ниво поузданости рада целокупног система. У оквиру сваког слања података, информације о потенцијалним проблемима кодирани су путем 16-битне вредности статуса (status value), чије тумачење ће бити детаљно обрађено у даљем тексту рада. Алгоритам интегрисан у самим станицама конципиран је тако да може да очува измерене податке у

дугом временском периоду уколико конекције са мрежом нису могуће. Систем за складиштење података организован је као циркуларан first in/first out (FIFO) (Han and Stevens 2009) round-robin бафер са могућношћу чувања до 65,471 мерења (приближно до 450 дана). Иако у периоду прекида рада мреже и слања података систем не може да пружи информације корисницима, аквизиција података остаје нетакнута. Накнадна анализа захваљујући овом механизму, остаје могућа.

Падавинске станице URBAN-PREX система са ознаком 1xx опремљене су Lambrecht meteo rain[e] тежинским сензором (прилог 8). Мерење интензитета падавина врши се на основу средње измерене вредности у периоду од једног минута, конвертоване на површину од 1 m<sup>2</sup>. Конверзија се врши на основу интензитета падавина који прође кроз отвор посуде површине од 200 cm<sup>2</sup>.



*Прилог 8. Станица са ознаком 1xx опремљена са Lambrecht meteo rain[e] тежинским сензором*

AWS станице имају могућност мерења температуре и влажности ваздуха, брзину и смер ветра (Davis Vantage Pro2), количину, интензитет и тип падавина (снег, киша, лед и сл.) и 12 класа величине капи (Luftt W100 диздрометар). Luftt W100 диздрометар за разлику од Lambrecht meteo rain[e] тежинског сензора, мерења врши путем радара и нуди далеко већи број информација о падавинама.

Lambrecht сензор поседује два грејача: снаге 80 и 40 W. Улога првог грејача је да одржава температуру посуде за скупљање падавина на 4 °C. Други грејач спречава замрзавање механизма за мерење падавина. Активација оба поменута грејача је аутоматска када је спољна температура испод 4 °C.

Luft W100 сензор у свом склопу укључује грејач снаге 9 W, чија је улога да топи снег и лед са површине сензора, како би се мерења могла континуално одвијати.

Дата логер посебно развијен за потребе пројекта за свој рад користи Atmel Atmega32u4 микроконтролер. Поред самог микроконтролера, хардвер садржи real time clock (RTC) као и додатну Flash SPI меморију за складиштење измерених података. Меморија је капацитета 64 Mbit и довољна је да складишти преко 65000 мерења код станица типа 1xx као и преко 43000 мерења код станица типа 2xx.

У случају прекида довода струје са електричне мреже, уређај се напаја акумулатором капацитета 12V 9Ah (Ultracell UL9-12) са аутономијом рада преко 72 часа. Алгоритам рада URBAN-PREX станица се у више аспеката разликује у односу на станице NSUNET система. Првобитно укључење станице прати активација модема и синхронизација времена са core сегментом након чега долази до провере последњег читања података са сензора (што уједно и представља TS (time stamp)). Ако је достигнуто време читања података са сензора, станица извршава функцију DataRead() чија улога је преузимање података са сензора. При почетку поменуте функције прво долази до провере следећих могућих грешака код: напајања, батерије, сензора и модема.

Укупан број детектованих грешака се упоређује са конфигурационом константом период нотификације (notification threshold, NT). Приликом детекције грешке, бројач се увећава. Када вредност бројача грешака достигне вредност  $NT * 30$  (увећана вредност смањује потрошњу сервисних порука), започиње слање SMS (табела 1) поруке као средства упозоравања на проблем са радом станице.

ERROR: SV
ID:102

Табела 1: Изглед SMS сервисне поруке приликом достигнуте вредности  $NT * 30$

У оквиру рада, URBAN-PREX систем препознаје четири врсте SMS порука: а) детектоване и сабране вредности SV; б) напон батерије се налази испод дефинисане вредности (пример: ID101 BATT LOW); ц, д) потврда о прихваћеној промени вредности константе и конфигурације приликом подешавања станице путем usb конекције.



За разлику од NSUNET система чија вредност SV (табела 2) исказује последњу детектовану грешку, URBAN-PREX систем сабира детектоване грешке у јединствену вредност.

вредност SV	тип грешке	опис
0x00	/	систем ради
0x01	ERR_battery	грешка на батерији
0x02	ERR_power	грешка са напајањем
0x04	ERR_modem	грешка са модемом приликом конекције на Интернет
0x08	ERR_sensor	грешка приликом читања сензора (тежински или радарски)
0x16	ERR_davis_sensor	само код типа станице 2xx (радарска + Davis станица), грешка приликом читања Davis сензора
0x32	ERR_server	грешка приликом слања података на сервер (није добијен одговор од core сегмента)

Табела 2: Имплементиране вредности SV

Следећи корак у раду станице представља проверу да ли је достигнуто време за слање мерења core сегменту. Вредност представљена са TP садржи укупан број мерења након чега се иницира слање података на сервер. Трансмисија започиње конекцијом на примарни сервер. Уколико је слање неуспело, проверава се вредност константе периода ретрансмисије (retransmission period, RT). Након неуспешних RT покушаја конекције на примарни сервер, започиње слање података на секундарни сервер. Уколико је конекција на секундарни сервер неуспешна, алгоритам се ресетује и започиње нову секвенцу са слањем података на примарни сервер након следећег достигнутог TP.

### CORE SEGMENT

Тачка концентрације података између remote и core сегмената представља улазни модул FTP сервера. Како би се повећала сигурност и интегритет преузетих података, појединачна станица садржи јединствено корисничко име и лозинку за приступ серверу (Kumari, S., Khan, M.K. and Atiquzzaman, M. 2015). Фајлови који настају као резултат примљених података се обрађују уз помоћ модула за парсирање. Мерења (дефинисана као примарни подаци) и

информације о раду система (секундарни подаци) складиште се у database сервер. NSUNET као и URBAN-PREX тренутно подржавају структуру компатибилну за рад са MySQL database сервером. Уколико су детектоване аномалије у подацима, током процеса парсирања података, бележе се и прослеђују систему за нотификацију чија је улога слања упозорења у вези са радом система. Анализа, која је могућа на основу наведеног, омогућава да се детектују грешке у софтверу станице и повећа укупна поузданост рада целокупног система. Ипак, модул за парсирање не анализира валидност примарних и секундарних података. Његова улога је да податке испроцесира, провери да ли постоје недостаци у односу на очекиван случај рада и да их складишти у database сервер. Модул за парсирање представља уско грло рада целокупног система. Како би се убрзао процес рада модула, имплементиран је подесиви бафер за тренутно складиштење података. Након што се бафер попуни, долази до уноса у базу података. Примарни, секундарни и статистички подаци (подаци добијени уз помоћ модула за анализирање) смештају се у три различите базе података што омогућава лакшу даљу редистрибуцију. Модул за интегритет је имплементиран како би се вршила провера унешених података. У постојећој реализацији имплементирана је детекција унакрсних уноса у табеле. У неким ситуацијама станица не успе да пошаље мерења што доводи до недоследности у временским серијама података (Chiaradia et al. 2015). Углавном су овакве грешке резултоване проблемима у раду софтвера GSM модема. Овакви подаци остају у интерној меморији станице дуг период времена а проблеме овог типа детектује модул за проверу интегритета података. Информације рада овог модула омогућавају валидацију квалитета прикупљених серија. Подешавање иницијалног времена пуштања станице у рад, могуће је на самом соге сегменту. На основу ове вредности могуће је детектовати очекиван број мерења/преузет број мерења. Овај критеријум се периодично користи за провере измерених вредности у базама података. Уколико бројке одступају, бројач за статистичке грешке се увећава. Уколико у неком моменту подаци успеју накнадно да буду послати, бројач се модификује. На овај начин могуће је имати јасну слику о поузданости рада система и серије самих података у циљу даље научне анализе. Тренутна NSUNET имплементација не подржава начин захтевања накнадне ретрансмисије података који се налазе у интерној меморији. Ова опција је имплементирана у оквиру URBAN-PREX система и могуће је иницирати путем конфигурационих фајлова.

Модул за анализирање података тренутно подржава само основне статистичке прорачуне који се могу проширити уколико се јави таква потреба. У постојећој верзији, све калкулације врше се употребом MySQL процедура.

На основу вредности константе *session length*, станица генерише податке који се смештају у структуру фајла на сваких 10 минута, који се шаље *core* сегменту. NSUNET систем прима дневно 4032 фајла са подацима. Рад са овом количином фајлова може довести до проблема приликом даље редистрибуције података. Овај проблем је решен имплементацијом модула за архивирање. На основу прага мерења послатих података који је актуелно постављен на 3 дана, модул за архивирање креира листу фајлова, проверава очекиван број са заиста детектованим бројем мерења и врши компресијом података са циљем смањења заузећа простора.

#### *ДАЉА РЕДИСТРИБУЦИЈА ПОДАТАКА И ЊИХОВА РЕДУДАНСА*

У оквиру NSUNET система имплементирана су два метода за даљу редистрибуцију података: а) механизам репликације у оквиру самог MySQL сервера као и б) директни приступ подацима. Апликације креиране за јавни приказа података попут оне развијене за Андроид систем користе директни приступ. Дистрибутивни модул представља везу између NSUNET система и градских сервиса који прикупљене податке користе за сопствене анализе.

Модули *core* сегмента налазе се на два засебна сервера што цео систем чини отпорнијим на проблеме у раду са мрежом. Алгоритам рада станица поседује имплементирано слање на примарни и секундарни сервер по потреби.

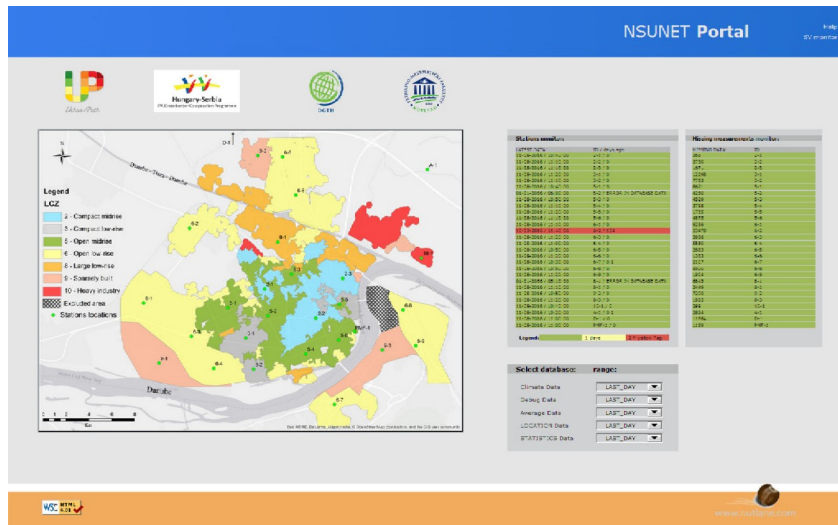
URBAN-PREX систем за своју даљу редистрибуцију података поред MySQL репликације користи и HTTP протокол као метод преноса. URBAN-PREX Weather, Андроид апликација развијена за приказ мерења, просторну дистрибуцију станица као и информацију о раним најавима урбаних поплава, која за преузимање података са инстанце web сервера активне на *third-party* сегменту користи посебно дефинисану структуру.

### **ВИЗУЕЛНО ПРАЋЕЊЕ СИСТЕМА И РАД СА ПРИКУПЉЕНИМ ПОДАЦИМА**

Како би се омогућио свакодневни рад са прикупљеним подацима, NSUNET систем поседује интегрисан портал са две основне функције. Прва, омогућава лак рад и приступ примарним и секундарним подацима, док друга омогућава преглед рада самог система. NSUNET Portal (прилог 9) означава екстремне вредности у оквиру прикупљених временских серија. Уколико неки од сензора прекине са радом, станица детектује грешку у оквиру вредности status value. Уколико дође до мерења превелике или премале вредности од стране самог сензора, овакве проблеме је веома лако уочити у оквиру NSUNET Portal-а. Како би се олакшао извоз прикупљених података, тренутна имплементација омогућава четири излазна формата. Решење за лак преглед података представља извоз означен као - screen. Уколико је потребно изабрати велику количину података, три преостала формата имају значајну улогу у извозу истих: file, download и download\_compressed. Приближна величина експортираних података за период од годину дана износи 12 Мб а време потребно за извоз износи 30 секунди. Уколико је жељена резолуција података мања у односу на иницијалну, могуће је смањити путем time\_res опције. Главна улога NSUNET Portal-а је за потребе научних анализа.

Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements



Прилог 9. Визуелни мониторинг и рад са подацима NSUNET система

Визуални мониторинг NSUNET Portal-а указује на проблеме у раду система попут недостајућих података, прорачуне модула за проверу интегритета података као и декодиране вредности status value (прилог 10). На примеру се може видети да је станица са ознаком 6-2 детектовала критичну грешку због предугог одсуства спољњег напајања. Као додатни механизам SMS нотификација је послата на сервисни број телефона.

Status value monitor: Close

ID:	SV
2-1	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
2-2	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
2-3	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
3-1	1152   transm. attempted   transm. attempted
3-2	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-1	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-2	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-3	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-4	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-5	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
5-6	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-1	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-2	34304   SMS trig.   input V   int. sensor
6-3	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-4	1536   input V   int. sensor   transm. attempted
6-5	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-6	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-7	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
6-8	1152   input V   transm. attempted   transm. attempted
6-9	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
8-1	1152   input V   transm. attempted   transm. attempted
9-1	1664   input V   int. sensor   transm. attempted
9-2	1152   transm. attempted   transm. attempted
9-3	34688   SMS trig.   input V   int. sensor   ext. sensor   transm. attempted
10-1	1664   input V   int. sensor   transm. attempted   ext. sensor   transm. attempted
A-1	640   int. sensor   transm. attempted   transm. attempted   ext. sensor   transm. attempted
D-1	34176   SMS trig.   input V   ext. sensor   transm. attempted   transm. attempted

Прилог 10. Детекција грешке у раду станица преко вредности status value

## ТИПОВИ И СТРУКТУРЕ ПОДАТАКА

Два типа података које станице прикупљају су дефинисани као: примарни (климатолошки параметри забележени од стране сензора) и секундарни (debug) подаци везани за дијагностику рада станица. За разлику од већине система, NSUNET све податке које станице шаљу на соге сегмент складишти у текстуалне фајлове. На овај начин складиштење података захтева само активан FTP сервер у оквиру улазног модула. Анализа података могућа је уз помоћ текстуалног едитора. Складиштење података у текстуални фајл омогућава NSUNET систему да буде независан од стране комплексних софтверских решења (табела 3).

садржај фајла	хексадецимални приказ
ID:PMF-1 MS:27735 SL:1 MT:1585161000 T:2.200 RH:69 WV:4.82 WD:52 P:0.0 G:0 VBA:7.538 SQ: 99	49 44 3a 50 4d 46 2d 31 0a 4d 53 3a 32 37 37 33 ID:PMF-1.MS:2773 35 0a 53 4c 3a 31 0a 4d 54 3a 31 35 38 35 31 36 5.SL:1.MT:158516 31 30 30 30 0a 54 3a 32 2e 32 30 30 0a 52 48 3a 1000.T:2.200.RH: 36 39 0a 57 56 3a 34 2e 38 32 0a 57 44 3a 35 32 69.WV:4.82.WD:52 0a 50 3a 30 2e 30 0a 47 3a 30 0a 56 42 41 3a 37 .P:0.0.G:0.VBA:7 2e 35 33 38 0a 53 51 3a 20 39 39 0a .538.SQ: 99.

Табела 3. Структура за пренос података (текстуалне и хексадециманлне вредности) на примеру фајла: *PMF-1\_200325\_183000.txt* (знак '.' (ASCII 0xa) у табели представља крај реда)

Употребом едитора, измерени подаци могу бити анализирани у сваком моменту а предложена структура података може бити имплементирана у оквиру решења базираном на open-source building science sensors (OSBSS), доступна платформа за прикупљање података базирана на Ардуино контролеру (Ali et al. 2016). Конвенција назива фајлова омогућава лако препознавање измерених вредности са обзиром да у себи садржи ID станице као и време мерења (година, месец и минути). Секунде нису искориштене у тренутној имплементацији али је остављен простор у виду две нуле за будуће надоградње. Сваки податак у фајлу се дефинише као константа. На пример вредности *session length = 10*, (SL:10). Појединачна константа и њена вредност заузимају једну линију фајла. Линија започиње са карактером који дефинише назив константе (два то три карактера исказана великим словима) праћено за двотачком '.' (ASCII 0x3a). Преостали карактери до краја линије представљају вредности

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

константе тј. податке које је станица измерила. Крај података дефинише UNIX крај линије (line feed, ASCII 0x0A). Карактери попут space (ASCII 0x20) као и tab (ASCII 0x9) нису дозвољени. Уколико вредност константе није нумеричка, словни карактери су приказани као мала слова.

NSUNET систем тренутно препознаје 28 константи које представљају примарне и секундарне податке. Овако дефинисана структура података смањује време неопходно за парсирање. Са обзиром на то да свака линија започиње са великим словима, двотачком и вредностима променљиве до краја линије означеним са карактером 0ха, процес парсирања у оквиру core сегмента детектује грешке приликом трансмисије.

Константа status value (SV) која захтева детаљније појашњење служи за праћење самог рада станице и детекцију грешака приликом истог а представљена је као 16 битни цео број код кога сваки активни бит дефинише специфичну грешку. Уколико систем ради неометано вредност ове константе и њен децималан исказ износи нула (SV:0) и као такав заузима само 4b у трансмисији. Уколико су грешке детектоване, вредност ове константе расте до своје максималне вредности, 65535. Величина фајлова који су послати са станица износи 250b, што чини трошкове преноса података у овом систему ниским.

URBAN-PREX систем иако се ослања на претходну поменућу структуру података као и на њене циљеве и у својој имплементацији садржи неке разлике. Начин преноса података је HTTP протокол, у оквиру кога се мерења шаљу POST методом (прилог 11, 12), PUT командом, док заглавље протокола садржи захтев за аутентификацију са сервером.

```
103!2019-8-11 21:55:0!+0.000+0.000+0.000!+0.000+0.000+140.305!+23.94+0+0.00!+0.00+0.00+0.00!+0.00+0.00+0.0!217!192!0!0x100580!31
Id Date and time Precipitation intensity within Prec pitation intensity since last Generation of the Generation of the Precipitation intensity, Batt. Power SVFlash memory Signal
the last minute [mm/min] request in [mm/h] heating data [C] variance (period 4 s) average value of the last voltg. supply address Quality
x minutes [mm/min]
Precipitation intensity within Prec pitation amount since last Heating ON (1) / OFF (0)
the last minute in [mm/h] request [mm/m^2]
Precipitation intensity since Prec pitation amount total Heating power total [%]
last request [mm/min] [mm/m^2]
```

*Прилог 11. Подаци послати од станица типа 1xx (тежинска станица, Lamberth Rain[one])*

Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

### *Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

```
20112019-8-14 17:45:9|00;00;00;00;00;00;00;00;00;00;00;00;00;00;+30.3;00;00.00;00.00;00.00;00.00;+27.7;00000000;49;27.2;0;0;0;-312231192|010x17500|23
Id Date and time Total precipitation particles Drop class 2 Precipitation Type Air humidity [%] Batt. Pow. SVFlash mem. Signal
Total drops Drop class 3 Precipitation quantity abs. mm Air temperature [C] voltg. supply address Quality
Drizzle particles Drop class 4 Precipitation quantity diff. mm Precipitation amount
Snow particles Drop class 5 Precipitation intensity mm/h since last measurement
Hail particles Drop class 6 Precipitation intensity mm/min [integer mm/m^2]
Drop class 0 Drop class 7 Heating temperature [C] [example: amount/100]
Drop class 1 Drop class 8 Wind speed [m/s]
Drop class 2 Drop class 9 Wind direction
Drop class 3 Drop class 10 [0-360 degrees from West]
Drop class 4 Drop class 11 Solar insolation [W/m^2]
Drop class 5 Air temperature current [C] (unused)
(Davis sensors)
```

Прилог 12. Подаци послати од станица типа 2xx (радарска + Devis станица, Lufft WS100). Напомена: вредности означене црвеном бојом нису јасно документоване од стране произвођача сензора и не користе се за анализу података али су остављене за будуће имплементације.

Уколико станица шаље серију мерења, трансмисија се врши у оквиру исте НТТР сесије тако што се засебне целине одвајају специјалним карактерима. Информације о стању напона на акумулатору као и напону градске мреже се рачунају на следећи начин:

вредност:

216; ( 216 \* 0.065 = 14.0V, означава стање пуног акумулатора)

166; ( 166 \* 0.065 = 10.8V, означава стање празног акумулатора )

вредност > 180 означава напајање станицом преко градске мреже

вредност < 180 означава одсуство напајања преко градске мреже и напајање станице преко акумулатора

### *КОНФИГУРАЦИЈА СТАНИЦА И ВРЕМЕНСКА СИНХРОНИЗАЦИЈА*

Првобитно конфигурисање станице врши се употребом универзалног асинхроног ривера/трансмитера (UART) путем RC-232 конекције са рачунаром. Станице су распрострањене по целом граду и постављене на висини од 4 м. Како би њихово поновно реконфигурирање било лакше и брже, станице је могуће конфигурирати и преко соге сегмента путем конфигурационих фајлова. Проблем синхронизације времена врши се на сличан начин. Станица има дефинисана два типа фајла: set и get постављена на соге сегменту. Након успешног слања измерених података, станица преузима фајл са својом конфигурацијом, проверава да ли постоје промене у односу на активне и уколико постоје, као потврду да су примењене, оставља set фајл као копију истих. Манипулисање са вредности периода конфигурације (config period), session length, као и transmission period, количина података утрошених на трансмисију може се смањити што уједно и смањује трошкове преноса. На



основу статистике Интернет провајдера преко чије инфраструктуре станице тренутно шаљу податке, потрошња трансмисије података износи 7 Мб месечно по станици.

Решавање временске синхронизације се испоставило као приличан изазов са обзиром на чињеницу да станице немају информације о глобалној корекцији времена. Иако се иницијално време подешава приликом конфигурације саме станице, јасна је потреба за неким од софистицираних решења временске синхронизације. Имплементација network time protocol-а унела би велику комплексност у самом коду станице и тиме значајно увећала потенцијалне грешке у раду. Како је већ имплементиран механизам за удаљено конфигурирање станица, синхронизација времена се врши тако што је дефинисан посебан тип фајла у оквиру core сегмента. Сваки минут, core сегмент генерише фајл time.conf са тренутним временом који станица преузима током сваке трансмисије (пример вредност тренутног времена: TC:1594642141). Константа која дефинише тренутно време, time config (TC) која се користи за синхронизацију времена представљена је бројем секунди од почетка Unix епохе (1 јануар 1970. године, Unix time stamp) у универзалном времену (UTC). Имплементација оваквог решења не захтева додатну комплексност кода. Недостатак овог механизма представља чињеница да је конфигурација времена могућа само када постоји конекција са core сегментом. Са обзиром на природу мерења NSUNET и URBAN-PREX система, овај механизам је оправдан.

URBAN-PREX систем смањује потрошњу приликом трансмисије података и повећава одзив самог система у процесу ране најаве тако што синхронизацију времена врши на свака 3 сата од момента првобитног пуштања у рад станице. Време се преузима преко посебног URL (uniform resource locator) и то у форми ISO датума (приказ времена путем стринга). Уколико је започето мерење података са сензора, синхронизација ће се обавити као следећи корак у раду алгоритма станице.

URBAN-PREX систем поседује могућност основног конфигурирања станице и путем SMS поруке (због сигурносних разлога само неке основне опције улазе у склоп овог начина подешавања рада станице). Провера SMS конфигурације, тј. пристиглих порука овог типа, врши се на сваких сат времена.

Поменути систем омогућава, у случају потпуног или делимичног губитка мерења у оквиру core сегмента (узрокована грешкама у раду database сервера, престанком рада хард диска и

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

сл.), опоравак података, тј. поновну ретрансмисију свих мерења која се још увек налазе у интерној меморији станице а означена су као успешно послата у претходним сесијама. Иницирање поновне ретрансмисије се врши путем константе transmit all (TA) на основу почетне локације мерења у интерној меморији станице (flash address, FAD) од које започиње ретрансмисија података. У примеру FAD = 65565 станица типа 1xxx ће започети слање 250 мерења почевши од адресе интерне меморије са локацијом 65565.

## ДИСКУСИЈА И ЕВАЛУАЦИЈА ПОДАТАКА

Развој система за праћење природних појава захтева специфично познавање како технолошких тако и природних елемената посматраног подручја (Hart, J.K. and Martine, K. 2006). Захтеви за бележење и праћење различитих типова мерних појава, са собом уноси одређене проблеме, чије превазилажење представља примарни циљ у изградњи оваквих система. Један од битних захтева представља могућност адаптације система за потребе будућих имплементација. Без овог, системи остају ригидни а неретко након дужег временског периода неупотребљиви и деградирани (Carlos-Mancilla, M., López-Mellado, E. and Siller, M. 2016).

Циљ овог истраживања је креирање пре свега материјално приступачног, поузданог као и робусног система за прикупљање временских серија климатолошких параметара високе резолуције уз минималан проценат изгубљених података. Овакав систем би омогућио како прикупљање података за научне анализе тако и за обавештење у случају оствареног хазарда.

### *ИЗБОР АДЕКВАТНОГ НАПАЈАЊА ЗА РАЗЛИЧИТЕ УСЛОВЕ*

MERIEXWA систем је започео са својим радом токо јануара 2014. и био је активан скоро две године. Релативно упрошћен дизајн система чинио га је економски приступачним. Са обзиром да локације, станице нису имале спољашњи извор напајања струјом, једино решење било је коришћење батерије. У овом случају од примарног значаја је одабир поузданих ћелија. Присутност екстремних временских услова исто тако мора бити укључена у селекцију избора батерија. На овај начин престанак рада система због прекида спољњег напајања сведено је на минимум али је и даље могуће. Начин на који се може превазићи

овакав проблем је увођење соларних панела као секундарног извора напајања. WANA STRAT систем, због мале потрошње хардвера имплементираних у станици, као и великог периода између слања података, за напајање станице користи соларне панеле. У оба случаја присуство поузданог механизма за праћења стања батерије је од примарног значаја. Иако произвођачи не ретко сугеришу период замене батерија, само ослањање на овакву чињеницу није увек релевантно. Повећано оптерећење ћелија као и не адекватни временски услови (попут температуре) могу довести до прекида рада батерије и пре дефинисаног рока трајања. Lithium Thionyl Chlorides представљају примарне ћелије са веома ниским процентом self-discharge, 0.08% месечно. Велики опсег температура у оквиру којих могу да раде (од  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ) чини ове ћелије добрим избором за екстремне временске услове. Нажалост, електролит коришћен у овим ћелијама веома је токсичан у додиру са водом. Самим тиме напајање система чији објекат мерења представља стање нивоа воде у оквиру бунара, може довести до хазарда (Lisbona, D. and Snee, T. 2011). NSUNET као и URBAN-PREX системи користе секундарне ћелије као извор напајања сваке станице, које се у случају првог пуне у периоду рада јавне расвете а другог, константно без прекида. Одабране ћелије омогућавају напајање станица оба система у периоду преко недељу дана у случају престанка напајања спољашњом струјом.

Станица бележи параметре рада батерије, струје и напона. Уколико период без напајања постане већи од прага дефинисаног у оквиру конфигурационог фајла, SMS порука се шаље као упозорење на проблем. Поменута два система иако бележе податке о стању батерије, не врше анализе исте што је остављено за будуће имплементације.

### *ПРАЋЕЊЕ РАДА СИСТЕМА*

За праћење рада MERIEXWA систем користи сервисни мејл са периодом слања од три дана. Мејл садржи информације о станицама које су имале прекиде у свом раду у периоду од последњих десет дана. Како је дефинисан интервал слања седам дана, информација о проблему може каснити више дана. Због прекида у раду GSM мреже, могуће је да подаци не буду послати након периода од седам дана иако је станица у потпуности функционална. Узимајући у обзир све наведено, информације о грешкама могу каснити.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Приступачан механизам детекције грешке и представљање сваког њеног стања једним битом status value показало се у оквиру NSUNET и URBAN-PREX система као поуздан механизам праћења рада система уз минималан утрошак преноса података. Пун потенцијал ове константе још увек није искоришћен због чињенице да оба система не поседују аутоматизам за њену аутоматску анализу. Имплементација овог решења би омогућила примену различитих стратегија аутоматског прилагођавања система приликом детектованих проблема.

Пристизање информације о раду сваке станица тек након што се конектује са сервером није задовољавајуће решење. На овај начин критичне грешке у раду станице, доступне су core сегменту само у случају доступности Интернета. Информације о раду модема, критичних стања напона, проблема у раду сензора и сл. core сегмент ће имати тек након успешне трансмисије података. У случају преноса података путем GSM мреже SMS нотификација се показала поузданим механизмом дојаве проблема у раду станице. NSUNET и URBAN-PREX системи информације о својим критичним стањима шаљу уз помоћ овог механизма. Нажалост слање SMS порука уводи незнатне али ипак присутне трошкове.

Имплементација SMS нотификација код NSUNET система показала је проблем приликом детекције више грешака у току исте мерне сесије, што доводи до узастопног слања порука и веће потрошње према мобилном провајдеру. URBAN-PREX систем детектује све грешке приликом сесије и проверава да ли је достигнут критеријум за слање порука (NT). Уколико није достигнут, бројач грешака у оквиру једне сесији се увећава. Како би се смањила потрошња према мобилном провајдеру, на основу експерименталне анализе случајева, вредност критеријума је дефинисана као  $NT * 30$ . Након што је достигнута, започиње слање порука. На овај начин број послатих SMS порука је сведен на минимум.

### *СИНХРОНИЗАЦИЈА ВРЕМЕНА*

Један од битних фактора представља решавање синхронизације времена. Иако имплементације network time protocol (ntp) представља робусно решење за тачну синхронизацију времена, његова подршка захтева комплекснији код као и бржи и скупљи хардвер сваке станице. Прихваћена је чињеница да мање комплексности доводи до веће поузданости рада система (Tashtoush, Y., Al-Maolegi, M. and Arkok, B. 2014). Како би станице

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

оба система биле материјално приступачне и задовољиле критеријум веће поузданости у раду, имплементиран је хардвер слабијих перформанси у оквиру NSUNET и URBAN-PREX система. Синхронизација времена преко додатног конфигурационог фајла (time.conf) показује добре резултате. Уз додатних 14b у оквиру трансмисије, станица синхронизује своје време након конекције са core segment-ом. Како је период између трансмисија подесив, самим тиме системи се лако прилагођавају специфичним случајевима имајући у виду да што је период између слања података већи, синхронизација времена је подложнија грешкама.

Системи попут WANASTRAT-а се ослањају на локално време што доводи, иако не често, до чињенице да иста мерења имају различита времена. Овај проблем се може заобићи корекцијом од стране интанце самог система приликом преузимања података. NSUNET и URBAN-PREX користе универзално време UTC чије су модификације мале и досада су износиле око 26 преступних секунди почевши од 1972. године.

Мобилна GSM мрежа у склопу својих сервиса омогућава и тачно време које је врло често доступно преко application programming interface (API) самог модема. Приликом развоја URBAN-PREX система, првобитни приступ био је синхронизација времена преко GSM провајдера. На овај начин количина пренетих података приликом трансмисије још више је редукована што додатно повећава брзину испоруке информације кориснику. Приликом тестирања, показало се да време које станица добија од GSM мобилног провајдера није идентично са временом оперативног система у оквиру core сегменту (време добијено путем NTP протокола). Моменат када се мерени објекат десио представља битан фактор у аквизицији података. Због непоузданости вредности тренутног времена добијеног преко мобилне мреже, механизам синхронизације времена имплементиран је на начин наведен у ранијем делу овог рада.

### *КОМУНИКАЦИЈА ИЗМЕЂУ СЕГМЕНАТА*

Структура података као и начини транспорта истих варирају од имплементација а одабир зависи од типа мерења. MERIEXWA систем користи RAW структуру података која се преноси путем TCP протокола што у многост смањује количину утрошених бајта у процесу трансмисије. Нажалост овакво решење захтева специфичну серверску апликацију задужену за пријем података. У случају када је висина буџета за развој система мала, неретко након

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

дужег периода коришћења долази до недостатка средстава за даљи развој апликације. Имплементација HTTP протокола у комуникацији између станица и серверске апликације WANASTRAT система, не пружа могућност за употребом постојећих web сервера. WANASTRAT се ослања на развијену серверску апликацију у JAVA програмском језику што га чини ближим MERIEXWA дизајну.

NSUNET систем је конципиран тако да подаци буду доступни од момента када стигну на core сегмент. Захваљујући специфичној структури података, измерене параметре могуће је прикупити од стране било које инстанце постојећег FTP сервера. Рад са мерењима могућ је чим пристигну на core сегмент. NSUNET користи специфичне алатке у оквиру својих модула како би се аутоматизовао процес провере интегритета података као и њихово складиштење и даља манипулација, све у циљу лакшег рада корисника са пристиглим мерењима.

Како би мерни подаци били отворени и доступни, актуелна имплементација додаје око 58% више података приликом трансмисије (пре свега због специфичне лако разумљиве структуре која се користи у преносу). Иако величина фајла у који су смештени подаци износи 256b и даље је присутна чињеница да постоји значајан додатак у оквиру сваке трансмисије. Без обзира што је FTP протокол предвиђен за пренос података, чак и након деценија његове употребе и даље постоји велика некомпатибилност између имплементација.

URBAN-PREX систем користи HTTP протокол за пренос мерених података. Разлика између количине утрошених података неопходних за рад сесије HTTP и контролних порука у оквиру FTP протокола, не фаворизују ни један од два протокола. Присуство чињенице да постоји некомпатибилност између FTP решења навео је развој URBAN-PREX система ка HTTP протоколу као метод преноса климатолошких параметара.

Структура података у односу на NSUNET систем омогућава додатне предности. Мерења и даље остају лако доступна за рад. Количина карактера која одваја сама мерења је веома слична. Битна разлика у односу на NSUNET систем, представља одсуство назива константи која дефинишу измерене вредности. Идентификација станице, време мерења, примарни и секундарни подаци одвајају се са по једним знаком. Крај сваког мерења је дефинисан са carriage return карактером који прати line feed (начин дефинисања краја линије у заглављу HTTP протокола). Уопштено гледано овакво решење је још редуковало потрошњу преноса

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

података и повећало брзину достављања информације кориснику у односу на структуру имплементирану у оквиру NSUNET система.

Структура дефинисана на овакав начин захтева постојање додатног кода задуженог за њену конверзију (додавање назива константи које дефинишу мерне податке као и двотачке) пре финалног складиштења сесија у структуру фајла на серверу core сегмента. Како начин дизајна структуре омогућава лако парсирање њених података, готове функције у разним програмским језицима попут PHP explode(), брзо и лако надопуњују овај недостатак.

### *ДИСКУСИЈА СПЕЦИФИЧНОСТИ ДИЗАЈНА NSUNET И URBAN-PREX СИСТЕМА*

Идеја која прати развој NSUNET и URBAN-PREX система је дизајн отпоран на грешке у дугом периоду аквизиције временских серија (Carlos-Mancilla et al. 2016), лако прилагодљив за будуће потребе и што већи проценат независности од специфичних решења. Битан аспект у дизајну оба система је висок степен детекције грешака у раду тј. велику поузданост прикупљених података. Код станица је конципиран да задовољи поменуто захтеве.

Све станице ова два система, као и претходно поменутих, организоване су у топологији звезде са само једним кораком удаљености од core сегмента (Reina et al. 2013) насупрот решењима које користе mesh топологију попут Trout Lake watershed monitoring network (Watras et al. 2014).

Протокол који служи за пренос података између remote и core сегмента, одређује тип имплементираних комуникационих уређаја. Најпоузданији пренос података је путем жичних конекција. Пре свега због високих трошкова постављања траса као и често неприступачност локације, главни одабир представљају радио везе. Најпопуларније међу њима су Wireless Ethernet и GSM мобилна мрежа. Трошкови трансмисије могуће је смањити путем технологија специјално развијених за овакве потребе попут IEEE 802.15.4 као и ZigBee протокола (Kulkarni and Zambare 2018; Gondi et al. 2014). Wireless Ethernet је протокол чија адаптација не захтева трошкове провајдинга за разлику од GSM варијанте, док други нуди многоструко већи домет и покривеност мреже. Oklahoma City Micronet (Basara et al. 2010; Schroeder et al. 2010; Basara et al. 2011) као и Birmingham BUCL (Chapman et al. 2012, 2015) имплементирају Wireless Ethernet у својој трансмисији података.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

За разлику од поменутих решења, NSUNET и URBAN-PREX системи користе GSM мрежу за своје потребе преноса података. Најзначајнији проблем у раду GSM мреже представља фактор слабог сигнала који често доводи до спорадичних ретрансмисија. Дobar приступ превазилажења овог проблема је свести количину података које шаљу станице на неопходан минимум а при томе задржати све неопходне информације о раду система потребних за анализу у реалном времену.

### *НАЧИНИ ПРЕНОСА ПОДАТАКА*

Процес слања података се ослања на два принципа: best-effort путем UDP протокола и поуздан пренос података користећи TCP протокол. Први омогућава већу брзину трансфера, мање пакете и смањену поузданост самог преноса података. Поуздан пренос решава поменути проблем и самим тиме уноси већу количину података неопходну за потврду сваког пакета. Овај принцип исто тако омогућава евентуалну ретрансмисију уколико је детектована грешка у преносу као и контролу преноса и загушења протока, што може бити значајно у случају слабог сигнала. Насупрот овоме, присутна су решења попут серверске апликације Aginova software, која користи UDP протокол (Young et al. 2012; Chapman et al. 2015). NSUNET као и URBAN-PREX теже максималној поузданости што је разлог за имплементацију TCP протокола као средства преноса података. Како би се решио проблем потенцијално слабог сигнала на појединачним локацијама, дефинисана су различита стања у алгоритму станице. Станица води евиденцију шта је послато а шта чека на слање. Уколико трансмисија није била успешна, приликом следеће конекције започиње поновно слање података и то прво најновијих па оних који су требали а нису били послати у претходној сесији (URBAN-PREX). Овако имплементирано решење омогућава да корисници система могу да рачунају на њихову поузданост.

Веома робустан механизам за нотификацију имплементиран је у оба сегмента (core и remote). Status value пружа информације о стању сваке станице а да при томе оптерећује трансмисију само са неколико додатних бајта. Приступ примарним подацима могућ је чим стигну на сервер. Насупрот Birmingham BUCL, који за пренос својих података користи UDP протокол (са пакетима величине 2 KB) (Chapman et al. 2015), NSUNET и URBAN-PREX успешно своје податке смешта у око 250b (у зависности од типа станица, приближно 0.24



КВ), што се успешно уклапа у захтеве за малом величином пакета. На основу статистике GMS Интернет провајдера NSUNET користи по станици 7 МВ месечно за трансмисију, што чини трошкове преноса приступачним и самим тиме искључује потребу за Wireless Ethernet-ом. Оваква количина података у процесу самог преноса, повећава брзину дојаве остварених хазардних стања посматране појаве. Цео core сегмент је конципиран на open-source технологијама што омогућава модификације и надоградње оба система.

Предложена структура података као средства складиштења климатолошких мерења и информација о раду система, интегрисан и прилагодљив алгоритам рада станице и анализа у реалном времену пристиглих мерења, чини NSUNET као и URBAN-PREX добрим кандидатима за мрежу урбаних метеоролошких станица (UMN).

NSUNET систем за пренос свих података између два сегмента користи FTP протокол, за разлику од трансмисија лимитираних само специфичним типовима података (Chiaradia et al. 2015).

Иако оба протокола (FTP или HTTP) подржавају аутентификацију као и енкрипцију преко SSL нивоа, NSUNET за пренос измерених података користи FTP протокол док URBAN-PREX за свој рад користи HTTP протокол.

### *АУТОМАТСКА ДЕТЕКЦИЈА ПАДАВИНА URBAN-PREX СИСТЕМА*

За разлику од температуре и влажности ваздуха које се увек могу измерити, дизајн URBAN-PREX система за детекцију урбаних падавина се суочава са другачијим проблемом. Појаве које мери (у зависности од поднебља) су ретке и у неком периоду године интензивне и краткотрајне. Објекат прикупљених података овог система представљају падавине које је далеко теже забележити него појаве које прати NSUNET систем. Дужи интервал између мерења врло лако може довести до тога да се не забележи краткотрајни пљусак. Са обзиром на то да проблем природе мерења, сами сензори у свом алгоритму узимају у обзир ову чињеницу и врше проверу присуства падавина на сваки минут.

Код станице је прилагођен свему поменутом и исчитава вредности добијене од падавинских сензора сваки минут. У одсуству падавина, станица тек кад је достигнута дужина сесије, активира модем и започиње слање мерења. Рад модема доводи до значајног

повећања потрошње струје (ово је значајно када се станица напаја само преко акумулатора) стога до његовог активирања долази само када је достигнута пуна сесија.

URBAN-PREX у својој конфигурацији препознаје опцију за активацију аутоматске детекције падавина (rain detect, RD). Уколико подешена вредности износи 1 и сензор детектује падавине (у било ком облику и количини), станица прелази у режим рада где игнорише вредности дужине сесије, SL и периода трансмисије, TP. У интервалу док су падавине детектоване на сензору, вредност TP износи 2 и слање података се врши на свака два минута. Вредност додељена TP у току трајања падавина добијена је експерименталним путем и директно зависи од брзине имплементираниог хардвера као и брзине рада и слања података самих сензора. Када падавине више нису присутне, станица враћа вредности SL и TP на оне које је преузела конфигурацијом од core сегмента.

Иако у периоду трајања падавина, са активираним детекцијом, URBAN-PREX знатно повећава потрошњу према Интернет провајдеру, ова особина га у многеме чини подобнијим за систем ране најаве остварених хазарда. Уколико је потрошња значајнији фактор, деактивација RD опције онемогућује аутоматску детекцију падавина и прилагођава система овој намени.

### *СИСТЕМ РАНЕ НАЈАВЕ УРБАНИХ ПАДАВИНА*

За потребе доступности тренутних података рада целог система, URBAN-PREX у свом садржају нуди сегмент за визуални приказ у виду web сајта (<http://www.urban-prex.org>). Са обзиром на то да принцип његовог развоја да су имплементирана решења развијена за потребе пројекта, модула за графичку интерпретацију тренутно измерених података омогућио је додатну опцију. За приказ вредности стања падавина web сајт узима серију од последњих 50 мерења (што значи у периоду присутних падавина, задњих 100 минута), која се генерише на сваки минут од стране самог core сегмента. Формат у коме се преузимају серије је генерисан у форми PHP кода, што омогућава да се подаци испарсирају моментално приликом прегледа садржаја сајта. Све ово је довело до тога да је могуће доћи и до информације о динамици промене интензитета и трајању падавина.

На појаву урбаних поплава поред структуре површи самог простора у значајној мери утиче и пропусна моћ канализационог система. На основу података добијених од ЈКП

Водовод и Канализација из Новог Сада, праг појаве поплаве (*cavs*) дефинисан је као количина падавина (*pra*) по секунди по површини од 1 ha у трајању од 20 минута (једначина 3).

$$cavs[l/s/m^2] = \sum_{n=1}^{1200} pra[l/s] * 10^{-4} [m^2] \quad (3)$$

Како оба типа падавинских сензора вредности падавина изражава преко количине воде која се излучи по литру, критичну количина падавина по секунди (*cav*) добијена је од стране ЈКП Водовод и Канализација, Нови Сад, усклађена је са тим и вредност се чува као променљива. Исти принцип важи и за критични период времена од 20 минута, тј. 1200 секунди. Како је могуће да станице у неком моменту немају апсолутно идентично време мерења (због синхронизације времена), дефинисан је праг толеранције, тј. делта вредности између два узастопна мерења .

Због присуства чињенице да сензори у склопу података које пружају, мере укупну количину падавина као и интензитет (чији је опсег мерења фабрички дефинисан на основу површине мерног суда), уведена је још једна израчуната вредности као променљива.

Прво што се рачуна у оквиру модула за рану најаву урбаних поплава, представља минимална и максимална вредност времена измерених падавина из добијеног узорка (50 мерења) након чега долази до провере да ли заиста узорак нуди довољну количину мерења да се задовољи критеријум критичног периода од 20 минута. Уколико је критеријум задовољен започиње серија паралелних узастопних: селекција само последњих мерења у периоду од 20 минута, провера делта вредности између два узастопна мерења као и креирање серије података уколико су задовољени поменути критеријуми над којом ће се вршити рачунање ране најаве. Када су сви услови задовољени, модул започиње израчунавање *cavs*. У овом процесу се додатно проверава да ли је измерен интензитет падавина достигао границе мерног опсега. Након наведеног, долази да рачунања темпа падавина у задатој серији мерења. Како два типа сензора исказују вредности на различит начин, конверзија података на исте мере прати овај процес. Тек када је све наведено завршено, долази до провере израчунатог са дефинисаном вредности *cavs* за сваку локацију на којој се налази падавинска станица.

## Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Модул ране најаве за све локације које задовољавају критеријум приказује два нивоа упозоравања означених жутом и црвеном бојом. Поред тога садржи идентификацију станице и количину излучених падавина у мерној серији. Динамика промене интензитета и трајања падавина је исказана као однос броја детектованих случаја када је интензитет детектованих падавина између два мерења порастао са бројем случаја у узетој серији. Присутна је и информација да ли је дошло до грешке на сензору, тј. да ли је интензитет падавина већи од оног који сензор на станици може да измери. Прилог 13, приказује експериментално постављену серију мерења и могућности модула ране најаве урбаних поплава.



*Прилог 13: Модул ране најаве урбаних поплава URBAN-PREX система. На прилогу су локације са станицама за ознаком 101 и 102 достигле критеријум поплаве, фабрички дефинисан опсег мерења интензитета падавина док му је динамика промене интензитета и трајања расла једном у току серије од 10 мерења (график је добијен на основу тест података), (извор <http://www.urban-prex.org>)*

Модул у свом раду све детектоване грешке као и достигнуте критеријуме поплава бележи и шаље податке путем сервисног мејла. Време рада целокупног модула је кратко и не утиче значајно на учитавање странице сајта.

Помало неспецифичан приступ прорачуна ране најаве остварених хазарда са собом нуди неке предности. Пре свега целокупан систем није оптерећен сталном провером серија као и

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

услова да ли уопште треба да дође до прорачуна, тј. да ли постоје падавине или не. У случају дуготрајних падавина, на овај начин, систем би био константно оптерећен прорачунима. Овако целокупна калкулација је имплементирана у оквиру web сервера дислоцираног из core сегмента. Недостатак оваквог решења је чињеница да се информација о раној најави остварених хазарда проверава и може добити само уколико корисник отвара web страницу <http://www.urban-prex.org>. Са обзиром на то да модул служи како би се грађани информисали о тренутном стању падавина и евентуалном застоју саобраћаја на путевима у простору покривеном URBAN-PREX системом, ово решење се показало адекватним.

### *ПЕРФОРМАНСЕ РАДА СИСТЕМА И ДАЉИ РАЗВОЈ*

Улазни модул у оквиру NSUNET система представља Linux vsftpd FTP сервер тј. apache HTTP сервер код URBAN-PREX система. Већина аутоматизације код оба система врши NSUNET-SYS\_TOOL скрипта писана у Bourne-Again shell (BASH) који је заступљен у многим Unices (Unix оперативним системима) (Šećerov et al. 2015). Функција критичног решења је смањење комплексности. Ово доводи до поузданијег система са мање кода (Tashtoush et al. 2014). Улога NSUNET-SYS\_TOOL-а започиње са конфигурисањем читавог система. Модули попут модула за парсирање, проверу интегритета, анализу и архиву мерења, заједно са системом за нотификацију су интегрисани у поменути скрипту. Недостатак читавог дизајна гледајући са аспекта рада са великим бројем мерења је складиштење података у оквиру фајла (рад са hard диском изискује више времена него рад са меморијом). Имплементација модула за парсирање у сам FTP сервер би у многоме убрзало перформансе система. Овакво решење захтева далеко комплекснији рад у програмским језицима попут С.

Концепт NSUNET и URBAN-PREX Portal апликације је лака прилагодљивост. Написан је у PHP програмском језику. Конфигурациони фајл, који се генерише путем NSUNET-SYS\_TOOL алатке, представља једини предуслов за рад за прикупљеним подацима. Оба система прикупљају велике количине података и уколико се изаберу велике временске серије, за њихов испис неопходна је велика количина података приликом трансмисије са web browser-ом. NSUNET и URBAN-PREX Portal користи компресију HTTP заглавља. На основу детаљног тестирања NSUNET систем, иако тренутно ради као city-scale мрежа (Muller et al.

2013а), са својих 28 станица, веома лако би могао бити проширен у local-scale или micro-scale мрежу са значајно већом густином локација.

### ДЕТАЉНА АНАЛИЗА РАДА NSUNET СИСТЕМА

Детаљно је приказано неколико сегмената NSUNET система и имплементирани концепт који обезбеђује поуздану рану најаву екстремних температура ваздуха. Анализирана је евалуација ефикасности рада читавог система у току године која је означена великим екстремима температуре ваздуха.

Подаци су узети у периоду између 19 децембра 2016. и 28 марта 2017. године. Како аутоматска метеоролошка станица (PMF-1) прикупља другачији тип података од преосталих 27, искључена је из анализе. Станице (6-2, 6-5, 10-1, и D-1) су приказивале техничке проблеме у раду у поменутом периоду и како би се очувала поузданост анализе, искључени су из исте. За потребе анализе коришћени су подаци добијени из NSUNET лог фајлова из којих је издвојено 2000 сесија. Систем је конфигуриран на начин да шаље податке на сваких сат времена. За период од 3600 секунди, очекивани број мерења износи 6 (систем бележи вредности на сваки минут при чему су просечне вредности израчунате сваких 10 минута). Делта дужина сесије (*deltasl*) за континуална мерења је израчуната и у идеалним условима би требало да износи 3600 секунди (на основу актуелне конфигурације система). Узимајући у обзир могућа кашњења у трансмисији између remote и core сегмента, уведена је променљива delta session extreme date (*deltased*) као број случајева када је вредност *deltasl* одступа  $\pm 5\%$  од своје идеалне вредности.

Ова анализа прати дужину сесије (session length, *seslen*) сваке станице паралелно са количином пренетих бајта у оквиру трансмисије: командне поруке FTP протокола (*ftpstb*) као и укупну количину података пренетих преко Интернета (*overallstb*). Пренос конфигурационих фајлова система је фиксан и износи 90b заједно са синхронизацијом времена (14b) и показао је само благе девијације.

Просечна количина примарних и секундарних података по мерењу износи 260b. На основу анализе вредности *deltasl* фреквенције за сваку станицу, уочено је 6 група при чему свака представља одређен опсег вредности (табела 4).

Број.	Групе	Вредности фреквенције
1	G1	500 – 700
2	G2	1700 – 3000
3	G3	4000 – 8000
4	G4	10000 – 30000
5	G5	228000 – 650000
6	G6	> 1000000
7	CG	-

*Табела 4. Седам група које дефинишу вредности фреквенције  $\delta t$*

Седма група је означена као контролна (CG) и садржи највећи број вредности  $\delta t$ . Збир свих седам група једнак је броју посматраних случаја и износи 2000.

Већина узастопних сесија је започето у оквиру очекиваног периода између 3000 и 3999 секунди (табела 5).

Групе								
Station ID	G1	G2	G3	G4	G5	G6	укупан број сесија	G1+G2+G3+G4+G5+G6+CG
2-1	0	0	23	1	0	0	1976	2000
2-2	0	0	41	2	0	0	1957	2000
2-3	0	0	8	1	0	0	1991	2000
3-1	0	0	11	1	0	0	1988	2000
3-2	0	0	17	1	0	0	1982	2000
5-1	0	0	13	1	0	0	1986	2000
5-2	0	0	11	1	0	0	1988	2000
5-3	41	31	103	19	0	0	1806	2000
5-4	0	0	28	1	0	0	1971	2000
5-5	0	0	25	1	0	0	1974	2000
5-6	0	0	11	1	0	0	1988	2000
6-1	6	6	5	7	0	0	1976	2000
6-3	0	0	21	2	0	0	1977	2000
6-4	0	0	20	2	0	0	1978	2000
6-6	0	0	11	1	0	0	1988	2000
6-7	0	0	12	3	0	0	1985	2000
6-8	0	0	13	1	0	0	1986	2000
6-9	0	0	12	1	0	0	1987	2000
8-1	0	0	3	1	0	0	1996	2000
9-1	0	0	7	1	0	1	1991	2000
9-2	0	0	8	1	0	1	1990	2000
9-3	0	0	19	1	0	0	1980	2000
A-1	13	8	160	11	0	0	1808	2000

Табела 5. Вредности фреквенције  $\delta t_{sl}$  за сваку станицу на основу 2000 сесија

У оквиру читавог система уочен је дужи период између узастопних сесија у групи G3. Детаљна анализа лог фајлова је потврдила да су већине станица имале кашњења у комуникацији што је резултирало да се достигне максимум чекања (time out) FTP сесије. Екстремни периоди између узастопних сесија уочени су код станица 9-1 и 9-2 и објашњавају се слабом покривености GSM сигнала на локацијама где су ове станице постављене. Индикативна појава примећена је у групама станица G1 и G2. Имајући у виду да станица



шаље податке у интервалима од 3600 секунди и у свим осталим случајевима би подаци чекали поновну трансмисију, једино могуће објашњење је да постоји грешка у коду саме станице. Станице код којих је уочена оваква аномалија су 5-3 и А-1.

Следеће су анализиране минималне и максималне вредности две узастопне сесије (табела 6).

deltasl			
ID станице	минимум	максимум	стандардна девијација
2-1	3530	14400	453,085
2-2	3554	14402	585,872
2-3	3566	14400	331,384
3-1	3561	14399	359,226
3-2	3540	14399	409,206
5-1	3583	14401	376,499
5-2	3557	10800	310,973
5-3	581	22216	1242,044
5-4	3529	14400	486,681
5-5	3440	14401	460,389
5-6	3544	14401	359,214
6-1	614	28798	1091,512
6-3	3529	14398	467,192
6-4	3530	10793	423,761
6-6	3542	14402	350,413
6-7	3559	14400	432,228
6-8	3538	14400	368,213
6-9	3471	14389	367,855
8-1	3572	14400	267,229
9-1	3583	1346364	30033,878
9-2	3560	1346361	30033,372
9-3	3538	14400	416,879
А-1	622	14434	973,506

Табела 6. Минимум, максимум и стандардна девијација *deltasl* вредности за сваку станицу

Постоје велике разлике између минималних и максималних вредности *deltasl* због чега је стандардна девијација узета као средство анализе темпа трансмисије сваке станице. Прво што се може уочити су вредности стандардне девијације за станице 9-1 и 9-2. Иако су

локације на којима се налазе овде две станице дефинисане са просечном покривености GSM сигнала, резултати показују да ове станице немају више од пар одступања вредности *deltasl* са само два екстрема. Осим поменутих аномалија, преостале вредности *deltasl* за станице 9-1 и 9-2 су у очекиваној близини дужине сесије читавог система.

Станице 5-3 и А-1 бележе неочекиване вредности трансмисије у оквиру читавог система. Станица А-1 је постављена у шуми између Каћа и Новог Сада, док се станица 5-3 налази у Банатићу, веома урбаном делу Новог Сада. Како су уочени веома мали интервали између две узастопне сесије, закључак је да две станице имају грешке у свом коду. Исти закључак важи за станицу 6-1. Укупан број одступања од конфигурисаних 3600 секунди између две узастопне станице за период од 100 дана износи 764 (табела 7).

ID станице	deltased
2-1	24
2-2	43
2-3	9
3-1	12
3-2	18
5-1	14
5-2	12
5-3	199
5-4	29
5-5	27
5-6	12
6-1	24
6-3	23
6-4	22
6-6	12
6-7	15
6-8	14
6-9	13
8-1	5
9-1	8
9-2	11
9-3	21
A-1	197
укупан број случајева	764

Табела 7. Одступања од очекиваних 3600 секунди између две узастопне сесије за сваку станицу

Анализа система показала је да су највећи део вредности *deltasl* концентрисане у околини конфигуриране вредности од 3600 секунди (табела 8). Укупан број бајта неопходних за комуникацију између два сегмента се показао константним као што је очекивано. Релативно мала количина пренетих података, ЗКВ, доказује да систем може да пренесе примарне и секундарне податке, синхронизује време и примени конфигурације, све време одржавајући трошкове Интернет провајдера ниским. Чињеница да просечно време неопходно за пренос података износи око 3 минута представља алармирајућу информацију. Детаљна анализа кода

станице показала је често коришћење пауза у току рада кода као неминовног решавања проблема одабраног хардвера и исправљена је у раду Urban-prex система.

анализирано података: 4600	deltasl	seslen	ftpstb	overallstb
стд. девијација	8870,597	416,218	304,370	681,550
минимум	581	12	123	123
максимум	1346364	22152	7141	19581
укупно	/	/	71,094.307	147,499.785

Табела 8: Анализа remote сегмента

У оквиру core сегмента, време неопходно да NSUNET-SYS\_TOOL испроцесира податке (parst) износи нешто испод једног минута (табела 9). У екстремним случајевима, када је remote сегмент имао велике вредности *deltasl*, вредност parst износила је 932 и то само у једном случају. Фреквенције између 65 и 160 секунди су детектоване не више од 31 пута са просечном вредности од 1.84.

Уопштено, већина станица је успела да пошаље податке у дефинисаном интервалу што показује да систем може да се користи у функцији ране најаве. Дуге сесије праћене достизањем тајмера FTP сесије резултирала је појавом фајлова величина нула бајта (zero-sized) тј. фајловима чије креирање је прекинуто прекидом у трансмисији података. Ова појава је детектована од стране система и у периоду од 100 дана (123000 мерења), NSUNET-SYS\_TOOL је детектовао 2223 случаја zero-sized фајлова.

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

аналз. података: 12300	parst	filesp	zerosf
стд. девијација	22,416	26,757	.745
минимум	0	0	0
максимум	932	212	12
укупно	394431	329838	2223

Табела 9. Анализа core сегмента

Анализа core сегмента је потврдила благе варијације у броју процесираних фајлова (*filesp*) у периоду посматрања рада система које се поклапају са периодима рада NSUNETSYS\_TOOL-а. Прекиди у комуникацији између remote и core сегмента и појава zero-sized фајлова су начелно мали. Само мали број сесија је трајао дужи од просечних и имао екстремне вредности. Прекиди у раду мрежа између два сегмента, GSM и универзитетске мреже су условили ову појаву.

*СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОШКИХ ПОДАТАКА NSUNET СИСТЕМА*

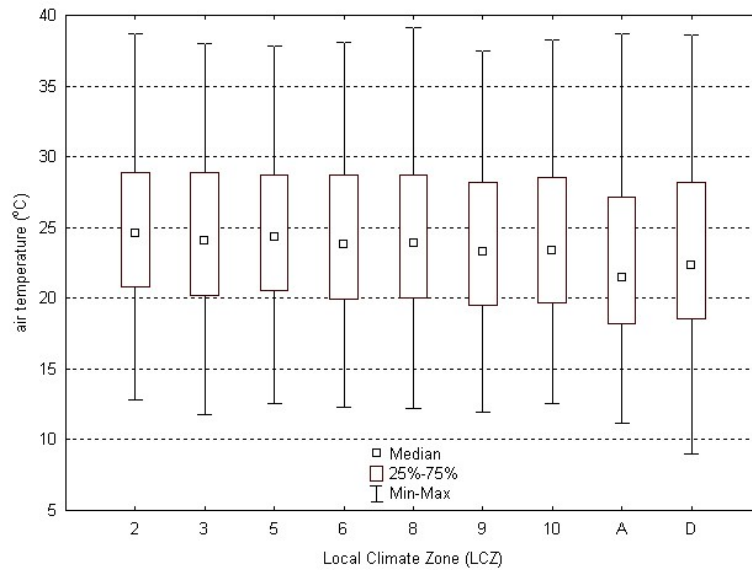
Без обзира на аспект окружења или тип сензора, анализа великих временских серија забележених појава мења начин нашег поимања о околним просторима. На овај начин је могуће детектовати насумичне појаве које је немогуће или бар веома тешко другачије забележити. Прикупљени подаци од стране различитих система за праћење појава простора око нас, помажу у доношењу закључака о процесима који су се десили као и о онима које се могу десити.

Параметри које прикупља NSUNET систем станица представљају температуру и релативну влажност ваздуха, тј. разлике ових вредности између урбане површи и природне средине као и разлике између различитих урбаних делова. На основу наведеног, главна функција овог система је да бележи климатске вредности поготову у периоду екстремних услова (хладни и топли таласи) као и услове термалног комфора у затвореном простору. Овај вид мерења представља извор информација компанијама које се баве дистрибуцијом топлоте, здравственим установама као и просторним планерима (дефинисано као third-party сегмент). Анализа којом се бавимо обухвата податке током лета 2015. које је означено као једно од натоплијих лета задњих пар деценија, када је магнитуда загревања била упоредива са

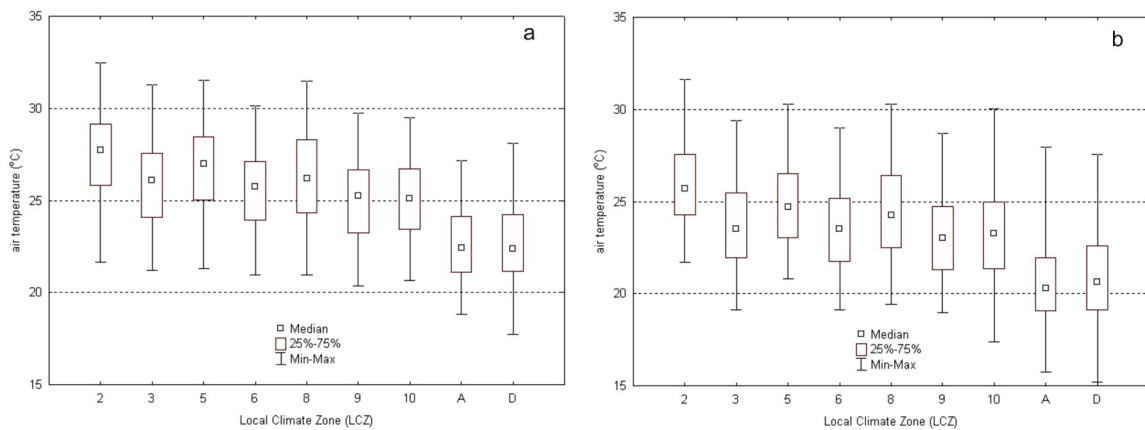
*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

претходним топлим летима у Европи (попут 2003 и 2010) (Dong et al. 2016). Прилог 14 и прилог 15 приказују разлике у температурама ваздуха у оквиру локалних климатских зона на основу мерења током целог лета као и најинтензивнија периода у трајању 9 и 12 дана. Биће приказани и подаци у периоду између 2014. и 2017. године, прикупљени од станица у индустријској зони Новог Сада.



*Прилог 14. Вохрplot са мерењима температуре ваздуха у локалним климатским зонама (мерена на сваки сат) у Новом Саду између 1 јуна и 31 августа 2015. године*



*Прилог 15. Вохрplot са 10 минутним мерењима температуре ваздуха током ноћи (од 21h до 5h у локалним климатским зонама у Новом Саду у два интензивна топлотна периода: а) 17-25 јул б) 4-15 август 2015.*

Измерене вредности различитих LCZ показују да су највише температуре забележене у најгушће насељеним деловима Новог Сада (LCZ 2, 3, и 5). Идући према приградским

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

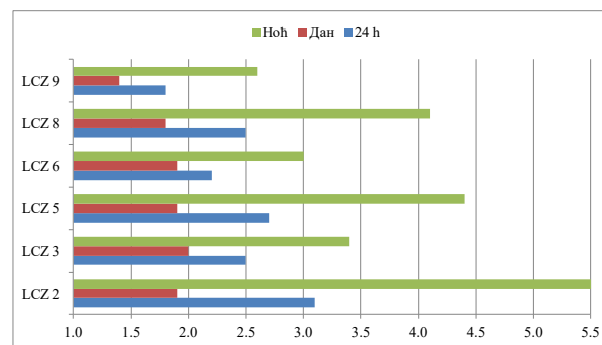
*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

деловима и периферији града, температуре се спуштају испод 24°C (LCZ 9). Најниже забележене температуре су изнад неурбанизованих површина LCZs A и D, са 22,8 и 23,4°C (Прилог 14).

Ноћне температуре у периоду између 21h до 5h СЕТ (10 минутна мерења) у току топлот таласа (прилог 15) показују веће разлике између урбанизованих и неурбанизованих површина. Исто тако, највише забележене температуре су у LCZ 2 а наниже у LCZ A и D. У најтоплијем периоду у јулу и августу, највише разлике у просечним температурама ваздуха (5°C) примећене су између густо изграђених делова града (LCZ 2) и неурбанизованих површина (LCZ A и D).

Највећа разлика између урбанизованих и неурбанизованих делова града се односи на максимуме и минимуме температура (прилог 15). Анализе у оквиру урбанизованих делова показују да су највише температуре забележене у урбаним деловима (LCZ 2, 5 и 8), док су у приградским зонама температуре ваздуха ниже (LCZ 3, 6, 9 и 10). Најниже забележене температуре су у руралним деловима (прилог 15а, б).

Термални комфор на отвореном простору у Новом Саду анализиран је на основу мерења у топлом периоду између 4 и 15 августа 2015. У току дана (24 h), највеће разлике су биле забележене у нагушће изграђеним деловима града (LCZ 2) и у густим шумама (LCZ A) изван града са вредностима до 5,1°C. Исте разлике у оквиру града су биле ниже и то у оквиру вредности између 0,5 и 3,3°C. Највеће разлике примећене су између урбанизованих и неурбанизованих LCZ током ноћних периода са вредностима до 7,6°C (прилог 16).



*Прилог 16. Разлике између спољњег термалног комфора између урбанизованих LCZ и неурбанизованих LCZ ван Новог Сада, изражене преко Physiological Equivalent Temperature индекса (°C) на 24h, дневном и ноћном нивоу током топлотног периода (4-15 август 2015.)*

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Са друге стране, разлике које су регистроване током обданице биле су више него двоструко мање. Генерално, може се закључити да се услови термалне комформности побољшавају при смањењу удела вештачке урбане површине и повећања удела зелених површина, нарочито током ноћи и у периодима топлотних таласа.

Подаци прикупљени у периоду 2014-2017. године путем NSUNET система у простору индустријске зоне Новог Сада (зона-југ), показују утицај урбанизације на регионалне климатске модификације чији је директан продукт урбана клима.

У посматраном периоду, индустријска зона је топлија у односу на природну зону са температурним разликама од 1.8°C (разлике током лета). Исте разлике су нешто ниже током јесени и зиме са вредностима од 1.1°C (табела 10).

мерне станице			
температура ваздуха (°C)	индустријска зона	природна зона	разлике инд. зона/прир. зона
година	13,7	12,7	1,0
зима	3,1	2,0	1,1
пролеће	15,1	13,4	1,7
лето	23,9	22,1	1,8
јесен	13,3	12,2	1,1

*Табела 10. Температуре ваздуха у индустријској зони Новог Сада (зона - југ) и природне површине ван града на годишњем и сезонском периоду између јула 2014 до јуна 2017. године*

Насупрот температури, релативна влажност ваздуха у индустријској зони исказује мање вредности у односу на природну средину током свих годишњих доба. Најмања разлика износи зими (-3,7%), са тенденцијом пораста у пролеће и максималном разликом лети од -11,4%, након чега се спушта на -6,8% током јесени (табела 11).

мерне станице			
релативна влажност ваздуха (%)	индустријска зона	природна зона	разлике инд. зона/прир. зона
година	75,4	82,9	-7,5
зима	87,4	91,1	-3,7
пролеће	66,6	75,4	-8,8
лето	67,0	78,4	-11,4
јесен	81,7	88,5	-6,8

*Табела 11. Релативна влажност ваздуха у индустријској зони Новог Сада (зона - југ) и природне површине ван града на годишњем и сезонском периоду између јула 2014 до јуна 2017. године*



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

На основу приказаних мерења, NSUNET омогућава прецизна мерења и показује да је изграђена база података временских серија погодна за даље научне анализе.

## **ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У КОМУНИКАЦИЈИ ИЗМЕЂУ ПРОЦЕСА**

### **ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У ИМПЛЕМЕНТИРАНИМ СИСТЕМИМА**

Праћење и бележење појава које нас окружују продубљује и олакшава процес њихове анализе. У последњих неколико деценија бројни су примери система задужених за детекцију оваквих стања процеса окружења. Опсег примене прикупљених података је велики и употребом се проширује. Степен корозије у бетонској арматури је једна од многих примена мониторинга стања предмета и појава које нас окружују (Parthiban, T., Ravi, R. and Parthiban, G.T. 2005). У новије време срећу се покушаји прикупљања података путем мобилних телефона и opportunistic sensing попут хидрометеоролошког мониторинга густо насељеног подручја у Амстердаму и анализом више просторних варијабли (de Vos et al. 2020). Остаје и даље чињеница да је степен поузданости у овом типу аквизиције података релативно низак.

Сензори најчешће имплементирани у виду wireless sensor networks (WSN) у зависности од периода мерења, прикупљају, шаљу податке различитим имплементацијама радио мрежа и пружају дојаве о критичним стањима посматраног објекта. Примери рада WSN нису ограничени само на појаве у природи. Успешност детекције стања оштрице турбине ветрењача путем параметара добијених преко WSN показује само један од многих случајева њихове употребе (Fu et al. 2018). Прегледи тренутних решења у оквиру фабричких постројења, као и предности увођења бежичних сензора на тешко приступачним местима (места на којима постављање фиксних сензора изискује велике материјалне издатке) често представљају теме научних анализа. Могућност адаптације и реконфигурисања WSN система чини их адекватним у постројењима у којима може доћи до потенцијалних хазарда, док имплементација мање комплексних протокола представља основ за прилагођеност комуникационе мреже између станица (Islam et al. 2012).

Литература која прати њихова решења и можда чешће анализе прикупљених података, бави се још једним битним фактором - поузданости у процесу аквизиције података. За

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

процес анализе стања неке појаве неопходни су подаци, али приликом анализе истих не ретко се њихове вредности узимају за апсолутно тачне и непромењене. Са обзиром на процесе који прате читав ток аквизиције стања у околини која нас окружује, овакав приступ може да доведе до погрешних закључака.

Случајеви који могу довести до промене мерених података, присутни су готово на свим тачкама и сегментима система за аквизицију. Пре свега сам хардвер станице у оквиру remote segment-а може да модификује или погрешно забележи мерења и представља специфичан изазов у анализи поузданости WSN-а. Дискусије постоје да ли је основ стандарда о поузданости довољан критеријум или је само почетни корак у анализи док се главни акценат мора дати на тестирање хардвера ван граница дефинисаних њиховом спецификацијом. (Virkki et al. 2011). Поуздан рад сензора представља неоспоран предуслов за дуготрајно праћење стања структурног мониторинга (structural health monitoring, SHM) (Smarsly and Law 2014).

Највећи број анализа усмерен је на сегмент комуникације између самих мерних станица и то пре свега начина кодирања сигнала, типа протокола виших нивоа као и саме организације мерних јединица (станица) у самој WSN мрежи. Студије показују да стопостотна поузданост у овом типу мрежа представља изазов поготову на местима где је потребно праћење објеката од критичног значаја. Примери употребе time-division multiple access (TDMA) мрежа са mesh топологијом може да задовољи критеријум од 99.99% поузданости без додатне интервенције од стране човека (Doherty, L. and Teasdale, D.A. 2006). Имплементација решења попут reduced ordered binary decision diagrams (ROBDD) може да повећа ефективност у оквиру комуникације саме инфраструктуре станица (Shrestha, A., Xing, L. and Liu, H. 2006). Исти приступ се показао значајним у моделовању и евалуацији поузданости базиране на квалитету домета сигнала и common-cause failures (Shrestha, A., Xing, L. and Liu, H. 2007).

Студије потврђују чињеницу да се поузданост у преносу података ових система повећава увођењем fault tolerance као и на слабо присуство анализа односа сигурности и поузданости у оквиру истих (Venkatesan, L., Shanmugavel, S. and Subramaniam C. 2013).

Поузданости самих протокола који се користе за пренос података, тј. анализе присуства овог фактора, показује још увек недостатак механизма који у себи садрже ретрансмисију и технике који би указале на поузданост рада WSN (Mahmood, M.A., Seah, W.K.G. and Welch, I.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

2015). Како би се смањило време кашњења података и повећала прецизност мерења у оквиру грађевинских објеката, употреба Калмановог филтера на серији података, је један од многих покушаја бављења са овом проблематиком (Casciati, S. and Vece, M. 2017).

Један од фактора који доводе до престанка рада целокупног система представљају константни проблеми самих мрежних уређаја (Silva et al. 2012).

Trust establishment је предуслов за функционалност као и одбрану сваке дистрибуиране мреже (Momaní, M., Takruri, M. and Al-Hmouz, R. (2014), (Sun, Y.L. and Yang, Y. 2007). Компромитованост рада мреже нападима попут DoS (deny of service), као и анализом могућих стратегија за њихово спречавање, тако и увођењем експерименталних модела даје значајне информације о овој проблематици (Yarbrough, B. and Wagner, N. 2018).

Наравно, један од аспеката решавања проблема приликом рада WSN мрежа, представља праћење њиховог рада и то пре свега целокупних тачака у раду система (AboElFotouh, H.M.F., ElMallah, E.S. and Hassanein, H.S. 2006) чак и уз помоћ мање комплексних решења мониторинга стања рада система (Chiang et al. 2012). Иако многе анализе fault tolerance-а у раду система указују на начине решавања појаве, ни једна не нуди јединствену технику или алгоритам који би се показао као поуздана солуција за овај проблем у раду WSN (Raji, K.A. and Gbolagade, K.A. 2019).

Проблеми који могу настати у комуникацији самих процеса у оквиру рада core сегмента WSN, врло су слабо обрађени. Литература се бави генералном проблематиком интер-процес комуникације у паралелној дистрибуцији у раду система (Hossain, M.A. and Tokhi, M.O. 2002), механизмима саме комуникације између процеса (Shamsudeen. E. 2018) као и односу њихове имплементације на нивоу језгра система (кERNEL) и самих библиотека (Khaneghah, E.M. Mirtaheri, S.L. and Sharifim, M. 2008). Побољшање дизајна самих high performance computing (HPC) система и даље праћење и разумевање њиховог рада представља изазов, због саме чињенице на присуство и интеракцију великог броја процеса (Alawneh, L., Hamou-Lhadj, A. and Hassine, J. 2016).

Како би се утврдила поузданост прикупљених података, послатих уз помоћ предложене структуре, у оквиру рада NSUNET и URBAN-PREX система као и како би се представљен дизајн употпунио и учинио поузданијим кандидатом за мерења критичних параметара

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

посматране средине, развијен је модел сокет сервера заједно са клијентским делом задуженим за симулацију великог броја измерених података.

### *МОДЕЛ СОКЕТ СЕРВЕРА СА КЛИЈЕНТСКОМ КОМПОНЕНТОМ*

Како је целокупни core сегмент NSUNET и URBAN-PREX система базиран на open-source решењима, сам развој сокет сервера (highly reliable socket server, HRSS) (прилог 17) конципиран је на начину рада самог оперативног система. Захтеви, потражња и брза реализација софтверских решења неминовно утиче на развој и израду апликација. Портабилан софтвер представља основ великог броја данашњих решења. Пре свега због приступачности, брзине његовог развоја и подршке у раду. Портабилност не мора да буде увек пожељна (Mooney J. D. 2004). Неки сегменти попут брзине и захтева за великом поузданости рада софтвера могу да услове његов ток развоја на другачији начин. Са обзиром на то да експеримент тежи анализи поузданости рада core сегмента система при великом броју паралелно дистрибуираних мерења, сам принцип развоја HRSS усмерен је ка циљу велике поузданости у раду.

Један од аспеката паралелног програмирања је конципиран на принципу рада са нитима (threads) које су кључни модел подржан у раду данашњих рачунара, програмских језика и оперативних система (Lee A. 2006). Приступ истим меморијским локацијама основ је употребе нити. У паралелном програмирању race conditions, које настају приликом оваквог рада чест су извор проблема у раду конкурентних апликација (von Praun C. 2011). Механизми комуникације између самих процеса, са изузетком нити, могући су путем дељене меморије, порукама или ток података (pipe) (Најдуковић, М. 2013). Имплементације рада са дељеном меморијом уноси проблем међусобне искључивости критичних секција (mutex) (Tanenbaum, A.S. and Bos, H. 2002). Листе чекања порука (message queues) остају у систему док нису прочитане или експлицитно обрисане, што је и сличан пример са дељеном меморијом.

На основу свега поменутог концепт развоја HRSS садржи следеће постулате. Специфичност рада сваког процеса детерминише његову улогу. У своме моделу HRSS разликује три главна процеса: core, асепт и control уз посебну групу процеса означену као worker.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Први, core процес, представља главни (parent) процес читавог HRSS система. Његовим креирањем започиње рад сокет сервера. Приликом иницијализације процеса, отварају се дескриптори лог фајлова као и два pipe-а (pipe\_flow\_control и pipe\_data) о чијој улози ће бити речено у наредном делу. Улога core процеса је двострука: креирање accept и control процеса уз помоћ традиционалног UNIX fork() позива као и праћење њиховог рада тј. постојања у оквиру система. Уколико неки од два процеса прекине са радом, core процес врши обнову система (system respawn). Сваки процес чека блокиран у read() позиву са изузетком accept процеса који се налази блокиран у истоименом системском позиву, accept().

На основу експерименталних тестова и документације POSIX (Portable Operating System Interface) фамилије стандарда (где се гарантује испорука два иста сигнала процесу), модел сокет сервера се ослања на чињеницу да поуздана испорука сигнала истог типа у оквиру једног процеса износи само један сигнал. Цео систем у свом раду користи четири сигнала: SIGALRM, SIGINT, SIGUSR1 и SIGUSR2.

Улога SIGINT сигнала искључиво служи за наменски прекид рада читавог система. Сваки процес на основу дефинисаног временског интервала, врши прекид рада испоруком SIGALRM сигнала чија улога варира од процеса а дефинисана је maintenance режимом рада. Код core процеса у оквиру овог режима проверава се да ли је suspended стање активно (више о томе у наставку). Уколико није, проверава се процес листа child (accept и control) процеса и да ли су процеси активни путем waitpid() позива. Уколико је неки од процеса престао са радом, шаље се SIGUSR1 сигнал целој процес групи чије значење гласи - core процес је детектовао грешку у раду система, прекини са радом и заврши код. SIGUSR1 у оквиру core процеса означава инициран system respawn и поновно креирање нових accept и control процеса. SIGCHLD у оквиру core процеса иницира best-effort сценарио и ресетовање процес листе уколико је тражени процес завршио са радом. Уколико неки од child процеса детектује грешку у самом коду (овај вид провера се налази у разним сегментима програма), иницира се слање SIGUSR2 сигнала core процесу како би га обавестили да рад система није поуздан. Ово доводи до преласка у завршни део кода и прекид рада core процеса као и читавог система. Како је раније речено, сваки од процеса стоји блокиран read() позивом (осим accept процеса). Core процес слуша ток pipe\_flow\_control. Употреба овог тока података је остављена за будуће ревизије са циљем да се прошире критичне поруке о раду child процеса.

Улога control процеса представљена је бележењем стања рада система. Процес је блокиран pipe\_data током преко кога accept и worker процеси шаљу информације о својим тренутним параметрима о стању рада. Поред логовања, овај процес омогућава компарацију статистике рада са статистиком осталих процеса и самим тиме проверу поузданости рада система. Комуникација података кроз pipe\_data ток, означена је контролним порукама на основу којих control процес закључује о раду система. Улога SIGINT и SIGUSR1 сигнала је слична у раду овог процеса и иницира прекид рада (разлика је у излазном статусу процеса). SIGALRM иницира maintenance режим који се у оквиру овог процеса дефинише провером рада core процеса и прекидом сопственог рада, уколико главни процес више није активан.

Модел рада посматраног решења дистрибуира рад система на више процеса како би се време проведено ван блокираног стања read() односно accept() позивом svelo на минимум. Улога accept процеса је праћење стања мрежних конекција на дефинисаном сокету. Време проведено ван accept() позива, означава могуће изгубљене конекције, тј. глобално посматрано неприкупљене и могуће изгубљене информације од стране мерних станица. Приликом сваке нове конекције, уколико број активних worker процеса није достигнут и постоји слободан слот у процес листи, креира се нов процес чија је улога прикупљање података од стране конектованог клијента. Случај кад је слот листа пуна, док максимални број worker процеса није достигнут, показује да accept процес није успео да детектује престанак рада свих својих child процеса. Како би се ослободио простор, активира се accept\_garbage\_collector чија је улога пролазак кроз процес листу о проверу стања сваког child процеса путем waitpid() позива. Уколико су сви worker процеси и даље активни, клијентска конекција ће бити одбачена. Ако је слободан бар један слот, долази до креирања новог worker процеса. Како је циљ модела поузданост рада, у случају да је достигнут максималан број активних и процеса у процес листи, accept процес прекида свој рад (конфигурисање путем препроцесорске макро вредности).

Улога SIGINT и SIGALRM и SIGUSR1 сигнала је слична као и код control процеса уз додатак рада accept\_garbage\_collector-а. Испорука SIGCHLD сигнала у главном коду процеса праћена је радом best-effort сценарија. Пре уласка у accept() позив, проверава се укупан број активних worker процеса са максималним бројем слотова у процес листи. Уколико је вредност достигнута, accept процес започиње нову сесију accept\_garbage\_collector-а како би

ослободио слотове у процес листи. Са обзиром да у овом моменту време које ће клијент чекати зависи искључиво од имплементације стека протокола у оквиру самог система, ефикасност рада асепт\_garbage\_collector-а је од великог значаја. Неуспешност да се ослободи слот у процес листи у оквиру тимеоут периода доводи до могућег губитка мерне информације.

Улога worker процеса представљена је директном обрадом клијентске конекције. Након свог успешног стартовања, процес започиње парсирање HTTP протокола и података добијених од клијента. Након успешног преузимања и обраде истих, завршава се рад процеса. Значење SIGINT, SIGUSR1 и SIGALRM је идентично као и код поменутих процеса, са разликом што је крај времена HTTP сесије дефинисан испоруком SIGALRM сигнала.

Крај рада свих наведених процеса као и улазак у maintenance режим, означен је исписом кључних вредности промењивих на основу којих се прати поузданост рада читавог система (табела 12а,б).

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

---

```

*** process pid: [652001] STATISTICS:
*** process pid: [652001] CHILDS: [60000]
*** process pid: [652001] processes.pending_hits_sighndl: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_hits_garbage: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_hits_latest_case_zero_handler: [0]
*** process pid: [652001] processes.zombie_hits: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_slipped_sighndl: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_slipped_garbage: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_slipped_sigalrm: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_missed_sighndl: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_missed_garbage: [0]
*** process pid: [652001] processes.pending_missed_sigalrm: [0]
*** process pid: [652001] processes.forked_childs: [0]
*** process pid: [652001] processes.running_childs: [0]
*** process pid: [652001] processes.respawn_times: [0]
*** process pid: [652001] processes.sent_signals: [0]
*** process pid: [652001] processes.signals_caught: [0]
*** process pid: [652001] processes.waitpid_failures: [0]
*** process pid: [652001] processes.suspended_procs: [0]
*** process pid: [652001] processes.read_bytes_core: [0]
*** process pid: [652001] processes.write_bytes_core: [0]
*** process pid: [652001] processes.read_bytes_child: [0]
*** process pid: [652001] processes.write_bytes_child: [96]
*** process pid: [652001] processes.auto_shutdown_counter: [0]
*** process pid: [652001] http.read_bytes_http: [0]
*** process pid: [652001] http.read_bytes_http_overall: [211]
*** process pid: [652001] http.write_bytes_http: [98]
*** process pid: [652001] socket.overall_number_of_requests: [10067934]
*** process pid: [652001] socket.overall_number_of_requests_atomic: [10067934]
*** process pid: [652001] worker_read_bytes_http: [0]
*** process pid: [652001] worker_write_bytes_http: [0]
*** process pid: [652001] worker_exit_failure: [0]
*** process pid: [652001] worker_exit_interrupt: [0]
*** process pid: [652001] worker_exit_http_bad_client_request: [0]
*** process pid: [652001] worker_exit_no_space: [0]
*** process pid: [652001] worker_exit_unknown: [0]
*** process pid: [652001] worker_req_terms_received: [0]
*** process pid: [652001] accept_forked_childs: [0]
*** process pid: [652001] accept_running_childs: [0]
*** process pid: [652001] stats.ipc_write_failures: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_eagain: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_ebadf: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_econnaborted: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_interrupts: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_inval: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_emfile: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_enfile: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_enobuffs: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_enomem: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_enotsock: [0]

```

---

Табела 12а. Информације о поузданости рада HRSS система



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

```

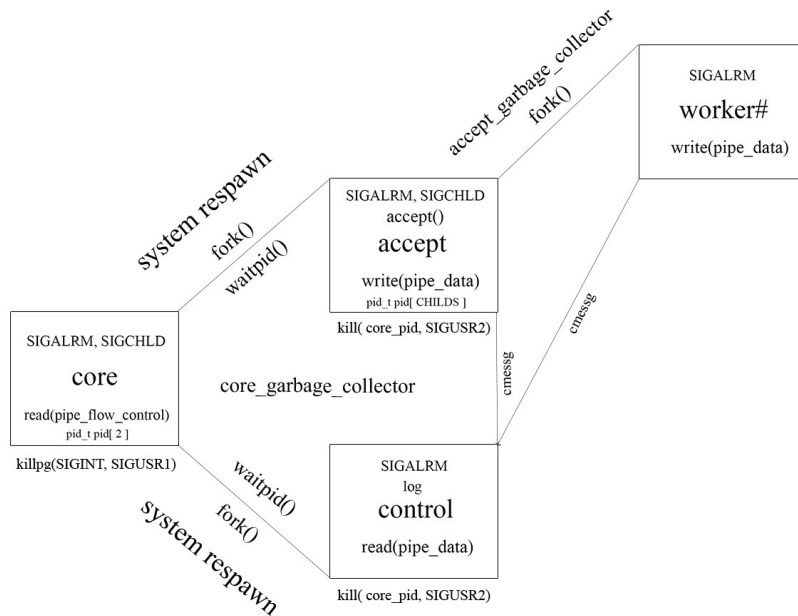
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_eopnotsupp: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_eproto: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_eperm: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_enosr : [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_esocktnosupport: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_eprotonosupport: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_etimedout: [0]
*** process pid: [652001] stats.socket_accept_default_errors: [0]
*** process pid: [652001] stats.accept_sigurg_receviед: [0]
*** process pid: [652001] stats.running_on_cpu: [-1]
*** process pid: [652001] stats.sched_priority: [0]
*** process pid: [652001] stats.sched_policy: [0]
*** process pid: [652001] stats.accept_call_reached_times: [0]
*** Overall hits/slipped/missed: [0]/[0]/[0]
*** ----- TIME STATUS -----
*** time spend in forking: [0]
*** overall runtime: [0]
*** ----- TIME STATUS -----
*** ----- EXIT STATUS -----
*** main status: [0]
*** local status: [0]
*** ----- EXIT STATUS -----

```

*Табела 12б. Информације о поузданости рада HRSS система*

Улога сигнал хандлера је представљена увећањем статистичких вредности о информацији рада система и постављањем глобалне вредности променљиве `processes.handler` на основу које се, у оквиру главног кода, препознаје испоручен сигнал и започиње обрада конкретног стања рада кода. Изузетак је део сигнал хандлера задужен за обраду SIGCHLD сигнала. Како је циљ развоја модела сокет сервера висок степен поузданости, иако је могуће да испорука поменутог сигнала буде спречена од стране оперативног система, одсуство информације о престанку рада child процеса није прихватљива. Како би се време проведено у обради сигнал хандлера функције свело на минимално могуће, приликом испорученог SIGCHLD сигнала, прво се проверава best-effort сценарио, након чега се проверава стање child процеса за који је испоручен сигнал, `waitpid()`, а код случаја рада асерт процеса и претрага процес листе и ресетовање вредности слота.

Приликом паралелног рада са великим бројем клијената, као и кратким временом потребним за успешну HTTP сесију worker процеса, могуће је да многи SIGCHLD сигнали буду одбачени приликом испоруке асерт процесу, што резултира погрешним информацијама о стању активних child процеса. Исти случај могућ је и са core процесом, уколико асерт и control процеси у приближно исто време прекину са својим радом (system respawn). Како би се овај проблем превазишао, имплементирано је неколико механизма у целокупном раду система.



Прилог 17: Модел HRSS система, организација процеса и токова података; улога parent процеса над својим child процесима; функција сваког процеса у IPC

### МЕХАНИЗМИ ДЕТЕКЦИЈЕ СТАЊА CHILD ПРОЦЕСА

Када је SIGCHLD сигнал испоручен, како асепт тако и core процесу, у случају да је процес којим је означен сигнал хандлер још увек активан (диспачер процеса није стигао да обради његов заавршетак), `id child` процеса се чува у посебној променљивој `processes.latest_sigchild_received_pid` (best-effort сценарио). Приликом следећег уласка у сигнал хандлер, прво ће се проверити да ли је тај процес и даље активан, `waitpid()`, или је завршио са радом.

Проблем узастопних сигнала истог типа и губитка информација о актуелном стању процеса решава се у помоћ `garbage_collector`-а имплементираног у оквиру `maintenance` режима асепт процеса, чија улога је пролазак кроз процес листу и проверавање стања свих унесених вредности `pid` (process id) као и ресет слотова процеса који више нису активни. Како би се смањило време проведено ван `асепт()` позива, сваки `n`-ти (дефинисано препроцесорском макро вредности) улазак у `maintenance` режим биће праћен радом `garbage_collector`-а. Исти механизам присутан је на крају рада како асепт тако и core процеса. Број покушаја у оквиру којих ће `garbage_collector` проверавати активне `child` процесе (уколико их има) дефинисан у време компајлирања.

Приликом завршетка рад читавог система, у оквиру процеса који користе `fork()`, имплементиран је, као последњи покушај детекције неактивних `child` процеса, `zombie_tracker` чији је принцип заснован на раду `garbage_collector`-а.

### ТОК ПОДАТАКА И КОНТРОЛНЕ ПОРУКЕ

Како је претходно поменуто, сви процеси (асепт, `worker`) шаљу информације о својим тренутним стањима као и неким од вредности статистичких променљивих `control` процесу. Дупла евиденција о критичним аспектима рада наведених процеса омогућава бољу анализу поузданости рада читавог система. Већина променљивих у раду система организована је преко структура података од којих `S_ipc_messg` има улогу у преносу података између процеса. Са обзиром да се `pipe_data` користи у ову сврху, развијен је минимални протокол на основу кога `control` процес разликује добијене информације. Сваки послат пакет, садржи у

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

себи идентификацију процеса који га је послао, контролну поруку (cmessg) (табела 13) (нумеричку вредност која дефинише тип пакета) и payload тј. конкретну вредност (уколико за њом постоји потреба).

CMESSG_NULL -1	/* default ( variable reset ) value for CMESSG */
CMESSG_FORKED_CHILDS -2	/* cmessg.payload has amount of overall forked childs */
CMESSG_FORKED_PID -4	/* cmessg.payload has amount of overall forked childs */
CMESSG_RUNNING_CHILDS -6	/* cmessg.payload has amount of overall running childs */
CMESSG_REQ_TERMINATE -10	/* cmessg.payload is ignored; check under /lib/ipc.c for ipc protocol overview */
CMESSG_READ -20	/* cmessg.payload data are actual read data */
CMESSG_WRITE -30	/* cmessg.payload data are actual write data */
CMESSG_ERROR_EXIT_FAILURE -40	/* cmessg.payload is ignored; process received EXIT_FAILURE */
CMESSG_ERROR_EXIT_INTERPT -41	/* cmessg.payload is ignored; process received EXIT_INTERPT */
CMESSG_ERROR_EXIT_HTTP_BAD_CLIENT_REQU EST -42	/* cmessg.payload is ignored; process received EXIT_HTTP_BAD_CLIENT_REQUEST */
CMESSG_ERROR_EXIT_NO_SPACE -43	/* cmessg.payload is ignored; process received EXIT_NO_SPACE */
CMESSG_ERROR_EXIT_UNKNOWN -44	/* cmessg.payload is ignored; process received default */
CMESSG_MULTIPLE_SIGCHLD_DETECTED -45	/* process has detected mupltiple simultanius SIGCHLD signals */
CMESSG_NO_FREE_SLOTS_AVAILABLE -46	/* fork_loop == CHILDS */
CMESSG_PARENT_NOT_RUNNING -47	/* getppid() != core_pid; cmessg.payload has core_pid value */
CMESSG_WORKER_TIMEOUT -48	/* worker has reached timeout and will exit */
CMESSG_WORKER_REACHED_END_LABEL -49	/* worker has reached worker_end: */

*Прилог 13: Контролне поруке и вредност payload променљиве (дефиниције се користе у серверској и клијентској апликацији)*

### *ЕКСТРЕМНИ СЛУЧАЈИ РАДА СИСТЕМА*

Модел HRSS предвиђа рад са великим бројем паралелних клијентских конекција, што неоспорно може да доведе до лимита дефинисаних за максимални број процеса у оквиру оперативног система, тј. контролне групе процеса. На почетку рада core процеса поставља се вредност за максимални дефинисани број процеса у оквиру система (софт и хард лимит). Приликом сваке нове конекције, уколико број тренутно активних worker процеса достигне софт лимит, асерт процес ће покушати да да приоритет другим активним процесима и шансу да један од њих буде неки од активних и управо завршених са радом, worker процеса. Уколико се достигне хард лимит максималног броја активних процеса, конекција ће бити одбачена. Додатни механизам у оквиру система, имплементиран је распоређивач рада

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

процеса приликом великог броја конекција, чија је улога да омогући приоритет другим процесима и шансу да се заврше пре него диспачер поново у својој листи започне обраду core процеса.

Велики број подешавања самог рада HRSS система процеса, дефинисан је путем препроцесорских макро вредности што је и случај и са режимом различитог нивоа исписа. У току трајања maintenance режима core процеса, проверава се заузеће партиције на којој су активни лог фајлови. Уколико је достигнут дефинисани лимит, core процес користи исти механизам као и приликом испоруке SIGINT сигнала и у овом случају модификује вредност променљиве `suspended_processes`. Докле год се стање не промени и заузеће партиције са лог фајловима не смањи, core процес ће чекати моменат када ће започети поновно креирање своја два child процеса и активирање рада система.

### *ДИСКУСИЈА РАДА HRSS СИСТЕМА*

Принципи дефинисања модела рада HRSS система су дефинисани са циљем поузданости и повећањаним перформансама, као два критеријума од којих зависи успешност у процесу ране најаве екстремних и хазардних стања посматраних појава. У току рада, имплементиран је велики број исписа тренутних вредности параметара процеса, чија је улога искључиво информативна и дефинисана је макроом `DEBUG(DEBUG_LEVEL)` и функцијом `printf`. Критична места, попут оних у сигнал хендлеру, користе `DEBUG_SAFE(x,y,z)` и позив `write()`. Овај помало не типичан приступ нивоа исписа, дефинисан приликом компајлирања, омогућава да у продукцијском раду апликације, код не буде оптерећен (`DEBUG_LEVEL == 0`). Редирекција исписа сваког процеса, детекција грешака у коду самог система, престанак рада система уколико до тога дође, игнорисање не критичних грешака, аутоматски прекид рада система, поменутих механизма и сл. се дефинише приликом компајлирања. Претходно наведено омогућава да се целокупан систем прилагоди различитим потребама рада и нивоима поузданости тј. брзине обраде клијентских захтева. Приликом развоја, базирано на гранулацији у нивоу подешавања рада система, детектоване су нелогичности у стандардној библиотеци као и самог `ascept()` системског позива.

HRSS систем у свом раду препознаје велики број могућих излазних стања приликом прекида или краја рада сваког процеса. Како би се постигао што већи ниво поузданости рада

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

и контроле над читавим кодом, чак и по цени портабилности, у продукцијској структури програма налази се велики број ниских системских позива. Исти приступ важи и за HTTP парсер који је развијен за потребе рада овог система. Одлука за избор традиционалног UNIX fork() као методе креирања процеса, донета је на основу захтева рада система и анализе потенцијалних race condition случајева. Ово уноси додатно време сваким context switching-ом приликом креирања worker процеса. Организација токова података и њихов смер, приликом рада свих процеса, као и мала величина пакета контролних порука, условила је употребу два pipe-а. Комбинација токова података и једног сигнала истог типа усмереног ка истом процесу, као средства комуникације између процеса показала се веома ефективном. Процеси организовани на поменут начин, смањују време проведено у деловима кода који не дефинишу њихову главну улогу у самом систему. Core креира два child процеса (асерт и control) и целокупно време свог рада базира на провери њихових стања као и стања заузећа партиције са лог фајловима. Све информације и инструкције раду система упућује путем сигнала. Улога control процеса је чување стања о раду самог система. Асерт процес, задужен је за примање клијентских конекција са мрежног сокета и евиденцију о стању рада својих child, worker процеса. Оба процеса проверавају да ли је core активан. Сав додатан рад чија специфичност варира од улоге система пада на worker процес. Потреба за имплементацијом другог комуникационог протокола, складиштење примљених података у database сервер или у фајл, даљу редистрибуцију података, су затеви који дефинишу улогу worker процеса.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

## *СТУДИЈА СЛУЧАЈА ИРС ПРИЛИКОМ АКВИЗИЦИЈЕ ВЕЛИКИХ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА*

### *Услови извођења експеримента*

Како би експеримент могао да покаже реално стање поузданости преноса информација у оквиру комуникације између самих процеса, потребно је тестирати лимите екстремног рада HRSS система. Конципирана на сличном принципу, за потребе експеримента, развијена је highly reliable test client (HRTC) клијентска апликација са улогом да симулира рад мерних станица тј. слање прикупљених података. Основна разлика у односу на HRSS, представља креирање читаве процес листе child процеса, након иницијализације core процеса. Креирани child процеси симулирају мерења станица, отварају HTTP конекције и шаљу информације свом core процесу. Након успешног рада, уз помоћ поменутог протокола, шаљу контролну поруку, CMESG\_REQ\_TERMINATE, на коју core процес одговара слањем SIGUSR1 сигнала, чиме је означена потврда за успешан крај рада child процеса. Све време, док чека SIGUSR1 сигнал, child процес је блокиран read() позивом над pipe\_fd\_core\_2\_child током (употреба овог тока је остављена за будуће имплементације). Уколико испорука SIGUSR1 сигнала не буде извршена пре достигнутог SIGALRM режима, овај процес ће послати контролну поруку CMESG\_WORKER\_TIMEOUT и завршити свој рад. Док чека на успешан завршетак рада својих child процеса, core у оквиру maintenance режима, активiranог SIGALRM сигналом, активира core\_garbage\_collector.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Када су сви процеси завршили са својим радом (испоручен SIGUSR1 сигнал), core активира core\_zombie\_tracker и уколико његов рад није успешан шаље последњи пут SIGUSR1 читавој процес групи и завршава свој рад. Као и приликом maintenance режима HRSS система, сваки процес бележи статистику пре завршетка свог рада (табела 14).

```

*** ----- STATISTICS - end process -----
*** process pid: [8556] STATISTICS:
*** process pid: [8556] CHILDS: [1500]
*** process pid: [8556] PENDING_SIZE: [32]
*** process pid: [8556] processes.pending_hits_garbage: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_hits_pendingloop: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_hits_latest_process_handler: [0]
*** process pid: [8556] processes.zombie_hits: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_slipped_pendingloop: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_slipped_garbage: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_missed_pendingloop: [0]
*** process pid: [8556] processes.pending_missed_garbage: [0]
*** process pid: [8556] processes.child_cmessg_worker_timeout_retries: [0]
*** process pid: [8556] processes.child_cmessg_worker_exit_unknown: [0]
*** process pid: [8556] processes.forked_chilts: [0]
*** process pid: [8556] processes.running_chilts: [0]
*** process pid: [8556] processes.sent_signals: [0]
*** process pid: [8556] processes.signals_caught: [1]
*** process pid: [8556] processes.req_terminates: [0]
*** process pid: [8556] processes.read_bytes_core: [0]
*** process pid: [8556] processes.write_bytes_core: [0]
*** process pid: [8556] processes.read_bytes_child: [0]
*** process pid: [8556] processes.write_bytes_child: [224]
*** process pid: [8556] processes.fork_loop: [0]
*** process pid: [8556] http.write_bytes_http: [0]
*** process pid: [8556] GARBAGE_COLLECTOR_THRESHOLD: [5]
*** process pid: [8556] pipe_buffer_size: [112]
*** process pid: [8556] Linux LIMITS: _POSIX_SIGQUEUE_MAX: [32]
*** Overall hits/slipped/missed: [0]/[0]/[0]
*** Overall number of chilts: [1500], forked chilts: [0], request terminates: [0] - ALL VALUES SHOULD BE
EQUAL
*** Expected read bytes from pipe for core process: [336000], actual read bytes from pipe: [0] - ALL VALUES
SHOULD BE EQUAL - NOTE: HARDCODED sizeof( ipc_messg ) VALUE TO 112 bytes!!!
*** process pid: [8556] calculated http connections: [1500] / dropped http connections: [0]
*** ----- STATISTICS - end process -----
*** ----- TIME STATUS -----
*** time spend in forking: [0]
*** overall runtime: [3]
*** ----- TIME STATUS -----
*** ----- EXIT STATUS -----
*** main status: [20]
*** local status: [205]
*** ----- EXIT STATUS -----

```

Табела 14. Информације о поузданости рада HRTC



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Студија случаја је изведена на три IBM/Lenovo Xeon Procesor (табела д1), серверски оријентисана рачунара са агрегираним линковима од 2Gbps тј. 4Gbps, Приликом извођења експеримента, HRSS и HRTC ће бити стартовани као foreground linux процеси за степеном исписа, DEBUG\_LEVEL == 2. Почетно време између два узастопна maintenance режима износи 1 секунд за core и control процес, 5 секунди за асепт док за worker процес тимеоут износи 50 секунди (максимална вредност за коју се очекује да ће клијентске конекције бити успешно обрађене). Сваки процес ће за период чекања пре завршетка свог рада узети вредност 0 секунди (\_END\_SLEEP) како би интензитет клијентских конекција био константан. CONNECTION\_SCHEDULER ће бити деактивиран како би рад самог система био у границама свог максимума. За успешно симулирање слања података урбаних метеоролошких станица, за потребе тестова, користи се мерење AWS станице Urban-prex система, дефинисано на следећи начин:

```
#define HTTP_CONTENT_MESSAGE_WORKER "107!2020-8-2 21:40:2!+0.000+0.000+0.000!
+0.000+0.000+1.306!+21.56+0+0.00!+0.00+0.00+0.00!+0.00+0.00+0.00!215!188!0!0x638980!21\
r"
```

Рачунари означени као fearlessone и silentone у току студије случаја користе стартовану инстанцу HRTC апликације док urbanpath рачунар извршава инстанцу HRSS. Сва три рачунара поседују аргегиране linux линкове путем протокола 802.1ad. (bond0 мрежни интерфејс) док silentone додатно користи 802.1q протокол у својој вези са лејер 2 свичем. Уређаји су повезана на исти лејер 2 Allied Telesis AT9000 свич. За разлику од остала два рачунара чија функција је искључиво за потребе студије случаја и линковима брзине 2Gbps, silentone представља продукцијски сервер са 4Gbps линком према лејер 2 свичу. Приликом тестова сви рачунари ће имати активирани подразумевани pfifo linux QOS док ће се пратити количина послатих тј. примљених пакета на нивоу netfilter-a.

## Првобитни тестови и резултати

На сваком уређају, стартована је инстанца HRSS и HRTC апликације и пратио се рад система приликом 10000 односно 20000 паралелних конекција. Периоди након којих ће HRTC прогласити конекције невалидним су износили 120 и 240 секунди. Пратила се комуникација између core и child процеса кроз два активна pipe-а као и очекивана количина пренетих података. Активација мрежног сокета и HTTP протокола је била деактивирана а време између два узастопна fork() позива (FORK\_DELAY) је износило нула наносекунди. Контролна провера поузданости рада вршила се поређењем послатих и примљених CMESG\_REQ\_TERMINATE контролних порука. У оба случаја, комуникација је била успешна док је време неопходно да се сесија заврши, приликом слања 20000 паралелних конекција, износило приближно два пута више у односу на случај са 10000 конекција (табела 15).

назив клијента	childs	UNRESPONDING_CHILD_PROCESS_TIMEOUT	UNRESPONDING_PROCESS_TIMEOUT	укупно време рада	CMESG_REQ_TERMINATE	очекивана количина пренетих података кроз pipe	пренета количина података кроз pipe	бр. грешака
fearlessone	10000	60	240	74	10000	2240000	2240000	0
	20000			192	20000	4480000	4480000	
silentone	10000	60	240	60	10000	2240000	2240000	0
	20000			170	20000	4480000	4480000	
urbanpath	10000	60	240	76	10000	2240000	2240000	0
	20000			187	20000	4480000	4480000	

Табела 15. Поставке и резултати првобитних тестова

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената**Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements**Серија случаја преноса података преко мрежног сокета*

Следећи тест је укључио слање података преко мрежног сокета и парсирање података пренетих путем HTTP протокола. Број паралелних клијентских конекција износио је 10000. HRSS maintenance режим за core и control процесе износи је 1 секунд, док је за assert и worker процесе износио 5 односно 50 секунди. Укупно реме рада HRTC апликације за fearlessone клијент износило је 302 секунде док је за silentone укупно време потребно да се пошаљу подаци на свим мрежним конекцијама износило 69 секунде. Сви child процеси silentone клијента су послали CMESG\_REQ\_TERMINATE и успешно завршили свој код, без детектованих грешака у раду. У случају fearlessone, детектоване су грешке приликом извршавања кода. Укупан број послатих CMESG\_REQ\_TERMINAT износио је 6733 (од очекиваних 10000). Детектовано је 3267 грешака типа Connection timed out добијених од системског TCP стека, док су само 194 child процеса успешно завршила свој рад, 3267 их је завршило са детектованом грешком на сокету а 6539 је прекинуто са UNRESPONDING\_PROC\_TIMEOUT тј. SIGALRM. Од укупног броја очекиваних конекција (20000), HRSS је на свом сокету примио само 16716 са истим бројем CMESG\_WORKER\_REACHED\_END\_LABEL порука, док су детектоване 3 поруке CMESG\_WORKER\_TIMEOUT са 51 пренетим бајтом (уместо очекиваних 91 бајта). Максимални број конекција износио је 217 док је просечан број, износио око 80 конекција по секунди. Максималан број детектованих HRSS процеса у раду оперативног система износио је 15408. Иако је на основу резултата рада клијентских апликација, очекивано је да укупан број неостварених конекција износи 3267 (fearlessone: 10000 - 6733), HRSS је детектовао 3284 неостварених конекција. Осим грешака приликом рада assert() системског позива (типа EINTR) које показују прекид рада позива са SIGALRM (што је очекивано у раду assert процеса) ни један други тип грешке на поменутом позиву није детектован у овом случају.

Приликом вишеструких понављања случајева, са горе поменутих идентичних параметрима, примећују се исте или веома сличне манифестације. Иако је број послатих пакета по клијенту идентичан броју примљених пакета од стране сокет сервера (на основу података netfilter-а, оперативни систем није успео да пружи адекватне податке о детектованим грешкама, што би систему на апликативном нивоу попут HRSS омогућио поуздане информације о раду.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Следећа серија тестова је требала да покаже већи проценат доследности у раду свих рачунара, увећавањем времена између два узастопна `fork()` позива (`FORK_DELAY (NSEC)`) приликом рада `HRTC` апликације. Прелиминарни тестови су показали одсуство грешака са активираним паузом од 700000 нано секунди (`FORK_DELAY`) између два узастопна `fork()` позива.

Користећи идентичне поставке `HRTC` и `HRSS` апликације, модификована је вредност `FORK_DELAY (NSEC) == 700000`. У серији 100 узастопних тестова приликом сваке детектоване грешке у раду `HRTC`, пауза између следеће инстанце ће се повећати, од почетне вредности (нула секунди), за по један секунд. Од укупног броја очекиваних конекција 2000000 ( $10000 * 100 * 2$ ), `urbanpath` је примио 1990642 конекција (9358 неостварених), са максималним бројем од 246 конекције по секунди и максималним бројем 60000 детектованих активних `worker` процеса у раду оперативног система. Укупан број детектованих грешака код `fearlessone` клијента је износио 261 док је код `silentone` износио 621. Највећи број фреквенција времена између два узастопна понављања (`delay`) `HRTC` износио је 30 и 39 за вредности `delay == 2` и `delay == 3` код `fearlessone` клијента. У случају `silentone` клијента, фреквенција исте променљиве за вредности 1 и 2 износила је 40 и 27. У току тестирања поузданости рада система, `accept` процес успешно детектује све документоване грешке (`man accept(2)`, `accept(3p)`) `accept` системског позива. Као посебан бројач остављена је вредност променљиве `stats.socket_accept_default_errors` која би приликом рада требала да буде увек једнака нули. Увођење ове променљиве је требало да потврди поузданости у документацији рада `accept()` позива, тј. вредности грешака које се могу јавити у раду. Међутим приликом тестирања 100 узастопних случајева `HRTC`, `HRSS` је детектовао 12 пута провизорност у раду оперативног система преко вредности `stats.socket_accept_default_errors`.

fearlessone + silentone	urbanpath		конекција по секунди		stats.socket_accept_default_errors	максимална број детектованих HRSS процеса
	очекиваних конекција	примљених конекција	изгубљених конекција	макс.		
10000 * 100 * 2 (2000000)	1990642	9358	246	209	12	60003

*Табела 16. Резултати 100 узастопних HRTC понављања са паузом између сваког fork() позива*

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Како би се потврдио утицај FORK\_DELAY вредности на поузданости рада целокупног система, следећа серија понављања је требала да покаже вредност при којој не долази до грешака у раду. У серији од 1000 понављања вредности delay параметра се није увећавала приликом детектоване грешке, већ је инкрементација пратила FORK\_DELAY промелјиву са стопом увећања од 500000 наносекунди. Почетна вредност FORK\_DELAY износила је 700000 наносекунди док је максимално детектована за fearlessone клијента износила 10200000 наносекунди (у 45,6% случајева), док је у случају silentone клијента износила 2700000 наносекунди. У 42,8% случајева код друго наведеног клијента, FORK\_DELAY је износио 1200000 наносекунди, док је само у 9,4% случајева износио 2700000 наносекунди. Број изгубљених конекција од очекиваних 2000000, износио је 133004, са максималним бројем 59996 активних worker процеса, максимумом од 241 конекција, док је у највећем броју случајева број конекција био у интервалу од 201 до 291 конекција по секунди. HRSS је детектовао 28 пута недоследности повратних информација о раду оперативног система преко вредности stats.socket\_accept\_default\_errors (табела 17). Укупан број детектованих грешака код fearlessone клијента је износио 116261 (86,1% случајева је било са одсуством грешке у раду) док је код silentone износио 766 (99,6% случајева је било са одсуством грешке у раду).

fearlessone + silentone	urbanpath		конекција по секунди		stats.socket_accept_default_errors	максимална број детектованих HRSS процеса
	очекиваних конекција	примљених конекција	изгубљених конекција	макс.		
10000 * 100 * 2 (2000000)	19866996	133004	241	201-219	28	59996

*Табела 17. Резултати 1000 узастопних HRTC понављања са динамичком промене паузе између сваког fork() позива*

*Финална провера поузданости псеудо климатолошких мерења*

На основу свега анализираног, циљ последњег теста био је да покаже поузданост мерења псеудо климатолошких података при великом броју конекција са максималном детектованом паузом између две узастопне конекције (FORK\_DELAY) од детектоване 10200000 наносекунде. У 1000 понављања оба клијента би требало да детектују одсуство грешака на мрежном сокету док би број послатих и примљених конекција требало да буде идентичан и да износи 2000000.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Код оба клијента у 1000 случајева није детектована грешка у раду. Минимално време у којем су послати подаци са silentone клијента износило је 139 секунди док је најдужи период слања података износио 230 секунди. У случају fearlessone рачунара, минимално време потребно да се пошаљу сва мерења износило је 169 секунди док је максимално време износило 231 секунду. За разлику од silentone рачунара код кога фреквенције времена између два узастопна слања података нису биле груписане, у случају fearlessone рачунара приметне су групе фреквенција око вредности од 172, 173, 174 и 175 секунди. Број примљених конекција од стране HRSS је износио 20000000 (што је уједно укупан број послатих мерења) са максималних 127 конекције по секунди док је у највећем броју случајева број конекција износио 118. Максимални број детектованих worker процеса је износио 34679.

## ЗАКЉУЧАК

Новосадска урбана мрежа (NSUNET) са циљем праћења урбаних појава развијена је као резултат два међународна пројекта Европске уније под називом URBANPATH и URBAN-PREX и састоји се од 28 станица смештених у урбаној зони Новог Сада тј. површином од 102 км<sup>2</sup> (са додатних 19 падавинских станица). Серије података NSUNET система имају за циљ да покажу разлике између интра урбаног и интер урбаног окружења. Временска резолуција мерења омогућава анализу дневних и сезонских карактеристика. Прикупљене информације би требало да омогуће ефективније одрживо планирање као и климатски свесно планирање урбаних стратегија, разумевање утицаја на глобалне климатске промене као и утицај на здравствена стања грађана. Резултати истраживања на основу прикупљених података показују да је thermal load (температура ваздуха и спољњи хумани термални индекс) већи у густо насељеним деловима града, него у приградским деловима и неизграђеној средини.

Дизајн система омогућава становницима града рану најаву екстремних временских вредности. Поред тога омогућава и поуздане информације о реалном стању времена у подручју града. Бележење дугих временских серија је неопходан предуслов успешних научних истраживања. Наведене чињенице као да и NSUNET систем пружа информације корисне у свакодневници, чине овај систем адекватно решење за потребе како градских житеља тако и научне заједнице. Надоградња овог система са циљем праћења и најаве урбаних поплава под називом URBAN-PREX, унела је неколико иновација у односу на

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

NSUNET систем. Улога HTTP протокола у преносу података као и модификована структура пренетих података (у односу на FTP верзију) смањује време потребно за трансмисију климатолошких мерења. Сразмерно томе повећава брзину дојаве детектованих критичних параметара мерних објеката. Са циљем информисања градског становништва о потенцијалним као и тренутним деловима града захваћеним плувијалним поплавама, развијен је систем ране најаве интегрисан у оквиру web сајта [www.urban-prex.org](http://www.urban-prex.org).

Актуелна истраживања решења са функцијом праћења урбаних појава, пружају веома мало информација о њиховом раду, поготово о структурама коришћеним за пренос података. Алгоритми рада читавих система, његова организација, механизми детекције грешке као и њене нотификације и пре свега информација о поузданости прикупљених података као финалног продукта, слабо је заступљена у научној литератури. Системи остају "затворена" решења за чију поузданост прикупљене информације једноставно мора да се "верује". Сам недостатак оваквих информација у многоне деградира и пре свега успорава развој система за праћење урбаних појава у другим градовима.

Одржавање UMN (урбане метеоролошке мреже) у периоду прикупљања великих временских серија мерења потребних за научне анализе, представља значајан финансијски издатак. Неретко, имплементирана решења немају могућност даље надоградње без додатних материјалних средстава, што доводи до њихове стагнације и деградације током времена.

Овај рад представља искуства у развоју два система за праћење урбаних појава (NSUNET и URBAN-PREX) као и детаљне смернице у њиховом дизајну. Предности и мане као и битне факторе приликом њиховом конципирања неопходне за развој поузданог система за урбане климатолошке студије, чини их добрим кандидатом за системе ране најаве.

Предложена структура података их чини поузданим решењем за пренос забележених климатолошких параметара између удаљених станица и сервера.

Приступачност података оба система, модуларност сегмената, чини их погодним за модификације. Оба система су дизајнира са минималним бројем points of failure. Редундантна решења су имплементирана у оба система и то у више сегмената. Станица у зависности од типа мерења може да складишти од 3 месеца до годину дана измерених података што у многоне повећава поузданост дугорочних климатских истраживања. Core сегменти оба

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

система су смештени на различитим локацијама са приступним тачкама Интернету преко различитих провајдера како би се смањили могући проблеми са мрежом.

Могућност реконфигурисања система, омогућава да количина пренетих података, буде прилагођена како типу мерења и Интернет провајдинга тако и финансијским могућностима одржавања мреже станица. Аутоматска детекција падавина URBAN-PREX система, омогућава велику уштеду трошкова преноса података.

У условима слабе покривености сигнала, систем је у стању да шаље мање количине мерења током дужег временског интервала. Имплементирана структура података омогућава веома мале трошкове преноса података, приближно 7МВ месечно по станици као и брзу доступност истих. Све ово чини оба система значајно другачијим од постојећих решења.

Иако предложени системи омогућавају прикупљање климатолошких параметара, нису лимитирани само на њих. У зависности од одабира сензора, оба система могу да се користе за различита прикупљања података како из природне средине тако и социолошких случајева у урбаног окружења.

NSUNET и URBAN-PREX системи за праћење урбаних плувијалних поплава у својим сегментима омогућавају висок степен провере поузданости података забележених од стране сензора. Како remote сегмент представља хардвер лимитираних перформанси, степен провере поузданости прикупљених података од стране мерних сензора, врши се пре активације GSM модема. Неки од сензора као и модем за свој рад користе firmware који у станици дефинишу две "затворене" тачке на чију поузданост рада није могуће утицати. Приликом пристизања података на core сегмент, врши се провера веродостојности послатих мерења пре складиштења у инстанцу database сервера.

Core сегмент представља тачку са најкомплекснијим кодом у оквиру читавог NSUNET/URBAN-PREX система. Комплексност оперативног система, инстанци FTP и WEB сервера и ток података од мрежног интерфејса до фајла као крајње тачке чувања климатолошких мерења представљају тачке могућих модификација прикупљених климатолошких мерења. Како би се утврдила поузданост рада и овог сегмента, за потребе студије случаја развијен је систем за примање мерних података под називом HRSS као и његов клијентски део са улогом да симулира слање великог броја климатолошких мерења (HRTC). Крајњи циљ развоја HRSS система је његова интеграција у core сегмент, као улазни модул за преузимање послатих



*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

података климатолошких мерења. Поменути систем бележи информације о тренутном стању свог рада на више паралелних тачака. Сваки процес води евиденцију о свом раду, бележи неопходне информације у log фајлове и додатно их шаље control процесу. Све наведено омогућава да се провери извор детектоване грешке, тј. поуздано утврди да ли је проблем у оквиру или изван HRTC/HRSS система.

Приликом студије која се одвијала на три серверски орјентисана рачунара (два са активном HRTC инстанцом и један са активном инстанцом HRSS система) провобитни тестови показују поузданост у преносу информација између великог броја worker односно child и core, accept, control (HRSS) односно core (HRTC) процеса. Даљом активацијом мрежног сокета и слања 10000 псеудо климатолошких мерења путем HTTP протокола, врло брзо се уочава провизорност рада система у већем броју поновљених слања, тј. недоследности између информација које апликативни ниво добија као детектоване грешке на нивоу мрежног сокета.

Како се студија случаја одвијала преко агрегираних линкова брзине 2 и 4Gbps, уочена је потреба да се тестирања наставе са смањеним интензитетом или већом временском паузом између узастопних слања. Константан интензитет послатих мерења и увећање временске паузе између серије слања података не показује жељене резултате. Са клијентске стране TCP/IP стек враћа информације о достигнутом времену чекања, Connection timeout (иако укупно време рада процеса је мање него дефинисан праг времена чекања у самом TCP протоколу). Са серверске стране, до мрежног сокета, не достижу информације о новим конекцијама (HRSS accept() позив не добија нове захтеве). Додатно је примећено да глобална errno променљива приликом детектоване грешке у accept() позиву, у малом броју случаја, добија вредност која није у складу са документованим понашањем. Приликом слања података укупан број послатих података са клијентске стране остаје идентичан укупном броју примењених података са серверске стране (пакети означени на нивоу linux iptables, net-filter).

Поузданост послатих података у оквиру интер-процес комуникације HRSS система добија адекватан ниво, тек приликом увећања времена између два узастопна креирања worker процеса на вредност која је детектована у раду тестираног окружења. Вредност која постиже одсуство грешака приликом слања и примања података за тестирано окружење износи

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

10200000 наносекунде. Узрок који утиче на квалитет рада HRSS система представља број активних или zombie worker процеса (процеси који су завршили свој рад а за које parent процес још нема информације о томе) заједно са смањеним интензитетом слања података. Критичне вредности поузданог рада HRSS система износе око 35000 активних worker процеса.

Интензитет и количина слања псеудо климатолошких мерења као и окружење у коме су тестови изведени не представљају очекивани свакодневни рад нити свакодневно окружење урбаних метеоролошких станица. Међутим, праћење и дојава краткотрајних појава са ниском фреквенцијом понављања захтева висок степен поузданости рада мерних система. За утврђивање ових информација неопходна су тест окружења у којима рад система може да достигне своје границе. Иако на основу последњег тестирања, рад система показује адекватне резултате, одсуство поузданости информација о типу детектоване грешке са аспекта ове анализе, није прихватљив.

Дизајн рада worker процеса у предложеном моделу сокет сервера не захтева приступ вредностима истих променљивих. Модификацијом структура података задуженим за праћење рада самог процеса, предложени модел сокет сервера би могао да дефинише worker процесе као нити (threads). На тај начин би се растеретио рад оперативног система задржавајући принципе дизајна HRSS система. Предложени начин рада би омогућио упоредни тест два концепта сокет сервера са циљем повећања степена поузданости прикупљених климатолошких података и информација које они пружају. Анализа и отклањање тачака које доводе до провизорности тренутног рада linux оперативног система за потребе рада HRSS система представља тему будућих истраживања. Присутна је чињеница да критични мрежно-оријентисани сервиси своје инстанце извршавају на оперативним системима са малим временом кашњења у оквиру мрежних стекова, попут FreeBSD. Портовање HRTC/HRSS кода и прилагођавање рада оваквом окружењу би пружио нове информације о степену поузданости посматраних података урбаних метеоролошких мрежа.

## ЛИТЕРАТУРА

- Abdullah, M.H., Ghani, S.A.C., Zaulkafilai, Z. and Tajuddin, S.N. (2017): Development Open Source Microcontroller Based Temperature Data Logger. 4th International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER 2017), 1-2 August 2017, 257. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/257/1/012015/meta>
- AboElFotoh, H.M.F., ElMallah, E.S. and Hassanein, H.S. (2006): On The Reliability of Wireless Sensor Networks. 2006 IEEE International Conference on Communications, 11-15 June 2006, DOI: 10.1109/ICC.2006.255607
- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C., Wieringa, J. (2003): Guidelines on climate data and homogenization. Report WMO-TD 1186, WCDMP-No. 53, Geneva, pp. 50.
- Alawneh, L., Hamou-Lhadj, A. and Hassine, J. (2016): Segmenting large traces of inter-process communication with a focus on high performance computing systems. Journal of Systems and Software, Vol. 120, October 2016, 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.06.067>
- Ali, A.S., Zanzinger, Z., Debose, D. and Stephens, B. (2016): Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A Low-Cost Arduino-Based Platform for Long-Term Indoor Environmental Data Collection. Building and Environment, 100, 114-126. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02.010>
- Al-Subhi, T., Arafeh, B., Alzeidi, N., Day, K. and Touzene, A. (2018): A Void Avoidance Scheme for Grid-Based Multipath Routing in Under-Water Wireless Sensor Networks. Wireless Sensor Network, 10, 131-156. <https://doi.org/10.4236/wsn.2018.107008>
- Basara, J. B., Basara, H. G., Illston, B. G., & Crawford, K. C. (2010): The impact of the urban heat island during an intense heat wave in Oklahoma City. Advances in Meteorology, volume, 2010, 10. <https://doi.org/10.1155/2010/230365>.
- Basara, J. B., Illston, B. G., Fiebrich, C. A., Browder, P. D., Morgan, C. R., McCombs, A., Bostic, J. P., McPherson, R. A., Schroeder, A. J., & Crawford, K. C. (2011): The Oklahoma City Micronet. Meteorological Applications, 18, 252–261.
- Bajšanski, I., Milošević, D., & Savić, S. (2015): Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: applications of automatic algorithms. Building and Environment, 94(2), 632–643.
- Bell, S., Cornford, D., & Bastin, L. (2013): The state of automated amateur weather observations. Weather, 68(2), 36–41.

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

- Brkić, M., Dogan, V., Obradović, Đ. and Živanov, M. (2012): Hardware Realization of Measurement and Monitoring System for Level of Groundwater. Symposium Industrial Electronics INDEL, Banja Luka, 1-3 November 2012, 124-127. [http://www.indel.etfbl.net/2014/resources/Proceedings\\_2012/INDEL\\_2012\\_Proceedings.rar](http://www.indel.etfbl.net/2014/resources/Proceedings_2012/INDEL_2012_Proceedings.rar)
- Brkić, M., Obradović, Đ., Dudarin, Z., Károly, B. and Živanov, M. (2013): Measurement and Monitoring System for Level of Groundwater. Key Engineering Materials, 543, 243-246. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.543.243>
- Carlos-Mancilla, M., López-Mellado, E., & Siller, M. (2016): Wireless sensor networks formation: approaches and techniques. Journal of Sensors, volume, 2016, 18–18. <https://doi.org/10.1155/2016/2081902>.
- Casciati, S. and Vece, M. (2017): Real-time monitoring system for local storage and data transmission by remote control. Advances in Engineering Software, Vol. 112, October 2017, 46-53, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.06.010>
- Cetin, M. (2015): Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. Environmental Monitoring and Assessment, 187(10), 640.
- Cetin, M., Adiguzel, F., Kaya, O., & Sahap, A. (2018): Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydin. Environment, Development and Sustainability, 20(1), 361–375. UN. (2014). World urbanization prospects - the 2014 revision (p.32). New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Chapin, T.P., Todd, A.S. and Zeigler, M.P. (2014): Robust, Low-Cost Data Loggers for Stream Temperature, Flow Intermittency, and Relative Conductivity Monitoring. Water Resources Research, 50, 6542-6548. <https://doi.org/10.1002/2013WR015158>
- Chapman, L., Muller, C. L., Young, D. T., Cai, X.-M., Grimmond, C. S. B. (2012): An introduction to the Birmingham Urban Climate Laboratory, ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th–10th August, UCD, Dublin Ireland: pp. 3.
- Chapman, L., Muller, C. L., Young, D. T., Warren, E. L., Grimmond, C. S. B., Cai, X.-M., & Ferranti, E. J. S. (2015): The Birmingham urban climate laboratory: an open meteorological test bed and challenges of the smart city. Bulletin of the American Meteorological Society, 96, 1545 - 1560. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00193.1>.
- Chapman, L., Bell, C., & Bell, S. (2017): Can the crowdsourcing data paradigm take atmospheric science to a new level? A case study of the urban heat island of London quantified using Netatmo weather stations. International Journal of Climatology, 37(9), 3597–3605.
- Chen, Y.-C., Yao, C.-K., Honjo, T., & Lin, T.-P. (2018): The application of a high-density street-level air temperature observation network (HiSAN): dynamic variation characteristics of urban heat island in Tainan, Taiwan. Science of the Total Environment, 626, 555–566.

- Chiang, Yi-H., Keller, M., Lim, R., Huang, P., Beutel, J. (2012): Light-weight Network Health Monitoring. 2012 ACM/IEEE 11th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 16-20 April 2012, DOI: 10.1109/IPSN.2012.6920978
- Chiaradia, E. A., Facchi, A., Masseroni, D., Ferrari, D., Bischetti, G. B., Gharsallah, O., Cesari de Maria, S., Rienzner, M., Naldi, E., Romani, M., & Gandolfi, C. (2015): An integrated, multisensor system for the continuous monitoring of water dynamics in rice fields under different irrigation regimes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(9), 586.
- Dabberdt, W., Koistinen, J., Poutiainen, J., Saltikoff, E., & Turtiainen, H. (2005): The Helsinki mesoscale testbed: an invitation to use a new 3-D observation network. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86, 906–907.
- de Vos, L.W., Droste, A.M., Zander, M.J., Overeem, A., Leijnse, H., Heusinkveld, B.G., Steeneveld, G.J. and Uijlenhoet, R. (2020): Hydrometeorological Monitoring Using Opportunistic Sensing Networks in the Amsterdam Metropolitan Area. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 5 March, Vol. 101, Issue 2, E167-E185, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0091.1>
- Delebarre, C., Pujolle, T., Cousin, G., Domon, A., Froux, J. and Jourdan, J. (2018): Wireless Low Cost CO<sub>2</sub> Monitoring System Design and Evaluation Using Non Dispersive Infrared Sensor. *Wireless Sensor Network*, 10, 119-130. <https://doi.org/10.4236/wsn.2018.106007>
- Dong, B., Sutton, R., Shaffrey, L., Wilcox, L. (2016): The 2015 European heat wave. *Bulletin of the American Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0140.1>
- Doherty, L. and Teasdale, D.A. (2006): Towards 100% Reliability in Wireless Monitoring Networks. PE-WASUN '06: Proceedings of the 3rd ACM international workshop on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor and ubiquitous networks, October 2006, 132-135, <https://doi.org/10.1145/1163610.1163632>
- Fenner, D., Meier, F., Bechtel, B., Otto, M., & Scherer, D. (2017): Intra and inter 'local climate zone' variability of air temperature as observed by crowdsourced citizen weather stations in Berlin, Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, 26(5), 525–547.
- Fu, Z., Luo, Y., Gu, C., Li, F. and Yuan, Y. (2018): Reliability Analysis of Condition Monitoring Network of Wind Turbine Blade Based on Wireless Sensor Networks. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 10, Issue 2, April 2019, 549-557, DOI: 10.1109/TSTE.2018.2836664
- Gál, N. and Farsang, A. (2013): Weather Extremities and Soil Processes: Impact of Excess Water on Soil Structure in the Southern Great Hungarian Plain. In: Loczy, D., Ed., *Geomorphological Impacts of Extreme Weather*, Springer, Berlin, 313-325. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6301-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6301-2_20)

- Gilbert, E.P.K., Kaliaperumal, B. and Rajsingh, E.B. (2012): Research Issues in Wireless Sensor Network Applications: A Survey. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 2, 702-706.
- Gondi, V., Cooky, C. T., Hallstrom, J. O., Eidson, G., Post C. J. (2014): Ultra-scale environmental monitoring—the intelligent river. 2014 IEEE 11th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 10–13 Januray 2014, <https://doi.org/10.1109/CCNC.2014.7111686>.
- Grimmond, C. S. B. (2006): Progress in measuring and observing the urban atmosphere. *Theoretical and Applied Climatology*, 84(1–3), 3–22.
- Han, H., Stevens, K. S. (2009): Clocked and asynchronous FIFO characterization and comparison. 17th IFIP/IEEE International Conference on Very Large-Scale Integration, Florianópolis, Brazil, 12–14 October, pp. 7.
- Hajduković, M. (2013): Operativni sistemi : (problemi i struktura). 1. izd., Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2013, 281 str, Edicija “Tehničke nauke - udžbenici”, br. 376, ISBN 978-86-7892-481-1
- Hart, J.K. and Martine, K. (2006): Environmental Sensor Networks: A Revolution in the Earth System Science? *Earth-Science Reviews*, 78, 177-191. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.05.001>
- Horton, T., Bolt, M., Prather, C., Manobianco, J. and Adams, M.L. (2018): Airborne Sensor Network for Atmospheric Profiling. *Wireless Sensor Network*, 10, 93-101. <https://doi.org/10.4236/wsn.2018.104005>
- Hossain, M.A. and Tokhi, M.O. (2002): INTER-PROCESSOR AND INTER-PROCESS COMMUNICATION IN REALTIME MULTI-PROCESS COMPUTING. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 35, Issue 1, 2002, 337-342, <https://doi.org/10.3182/20020721-6-ES-1901.00962>
- Hu, X. M., Xue, M., & Klein, P. M. (2016): Analysis of urban effects in Oklahoma City using a dense surface observing network. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55, 723–741.
- Islam, K., Shen, W. and Wang, X. (2012): Wireless Sensor Network Reliability and Security in Factory Automation: A Survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Vol. 42, Issue 6, Nov. 2012, DOI: 10.1109/TSMCC.2012.2205680
- Jovanović, M., Pavić, D., Mesaroš, M., Stankov, U., Pantelić, M., Armenski, T., Dolinaj, D., Popov, S., Ćosić, Đ., Popović, L.J., Frank, A. and Crnojević, V. (2013): Water Shortage and Drought Monitoring in Bačka Region (Vojvodina, North Serbia) - Setting-Up Measurement

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Stations Network. Geographica Pannonica, 17, 114-124.  
<https://doi.org/10.5937/GeoPan1304114J>

Károly, B. (2013): Inland Excess Water. IPA Crossborder Cooperation Programme (HUSRB/1002/121/088).

Karppinen, A., Kotro, J., Kuitunen, T., Kukkonen, J., Kulmala, M., Moisseev, D., Nurmi, P., Pohjola, H., Pylkkö, P., Vesala, T., & Viisanen, Y. (2011): The Helsinki testbed: a mesoscale measurement, research, and service platform. *Bulletin of American Meteorological Society*, 92, 325–342.

Koskinen, J. T., Poutiainen, J., Schultz, D. M., Joffre, S., Koistinen, J., Saltikoff, E., Gregow, E., Turtiainen, H., Dabberdt, W. F., Damski, J., Eresmaa, N., Göke, S., Hyvärinen, O., Järvi, L.,

Khaneghah, E.M. Mirtaheri, S.L. and Sharifim, M. (2008): Evaluating the Effect of Inter Process Communication Efficiency on High Performance Distributed Scientific Computing. 2008 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, 17-20 Dec. 2008, DOI: 10.1109/EUC.2008.11

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F. (2006): World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259-263.  
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

Kulkarni, K.A. and Zambare, M.S. (2018): The Impact Study of Houseplants in Purification of Environment Using Wireless Sensor Network. *Wireless Sensor Network*, 10, 59-69. <https://doi.org/10.4236/wsn.2018.103003>

Kumari, S., Khan, M.K. and Atiquzzaman, M. (2015): User Authentication Schemes for Wireless Sensor Networks: A Review. *Ad Hoc Networks*, 27, 159-194.  
<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2014.11.018>

Lee, E (2006): The Problem with Threads. *Computer*, vol. 39, no. 05, pp. 33-42, 2006. doi: 10.1109/MC.2006.180

Lehnert, M., Geletič, J., Husák, J., & Vysoudil, M. (2015): Urban field classification by Blocal climate zones<sup>^</sup> in a medium sized central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). *Theoretical and Applied Climatology*, 122, 531–541.

Lelovics, E., Unger, J., Gál, T., & Gál, C. V. (2014): Design of an urban monitoring network based on local climate zone mapping and temperature pattern modeling. *Climate Research*, 60, 51–62.

Lisbona, D. and Snee, T. (2011): A Review of Hazards Associated with Primary Lithium and Lithium-Ion Batteries. *Process Safety and Environmental Protection*, 89, 434-442.  
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2011.06.022>

- Lin, F.-Y., Huang, K.-T., Lin, T.-P., & Hwang, R.-L. (2019): Generating hourly local weather data with high spatially resolution and the applications in bioclimatic performance. *Science of the Total Environment*, 653, 1262–1271.
- Lutakamale, A.S. and Kaijage, S. (2017): Wildfire Monitoring and Detection System Using Wireless Sensor Network: A Case Study of Tanzania. *Wireless Sensor Network*, 9, 274-289. <https://doi.org/10.4236/wsn.2017.98015>
- Lwin, K., Hashimoto, M. and Murayama, Y. (2014): Real-Time Geospatial Data Collection and Visualization with Smartphone. *Journal of Geographic Information System*, 6, Article ID: 44566.
- Mahmood, M.A., Seah, W.K.G. and Welch, I. (2015): Reliability in wireless sensor networks: A survey and challenges. *Computer Networks*, Vol. 79, 14 March 2015, 166-187, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2014.12.016>
- Meier, F., Fenner, D., Grassmann, T., Otto, M., & Scherer, D. (2017): Crowdsourcing air temperature from citizen weather stations for urban climate research. *Urban Climate*, 19, 170–191.
- Mikami, T., Ando, H., Morishima, W., Izumi, T., Shioda, T. (2003): A new urban heat island monitoring system in Tokyo. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Climate*, Lodz, September 2003.
- Mile, A., Okeyo, G. and Kibe, A. (2018): Hybrid IEEE 802.15.6 Wireless Body Area Networks Interference Mitigation Model for High Mobility Interference Scenarios. *Wireless Engineering and Technology*, 9, 34-48. <https://doi.org/10.4236/wet.2018.92004>
- Milošević, D., Kresoja, M., Savić, S., Lužanin, Z. (2018): Intraurban analysis of relative humidity and its cross-correlation with air temperature in Central-European city. In *10th International Conference on Urban Climate jointly with 14th Symposium on the Urban Environment*, New York, NY, USA, 6–10 August 2018.
- Mohd, F.O. and Shazali, K. (2012): Wireless Sensor Network Applications: A Study in Environment Monitoring System. *Procedia Engineering*, 41, 1204-1210. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.302>
- Momani, M., Takruri, M. and Al-Hmouz, R. (2014): RISK ASSESSMENT ALGORITHM IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING BETA DISTRIBUTION. *International journal of Computer Networks & Communications*, Sep. 2014, 6(5), 157-166, DOI: 10.5121/ijcnc.2014.6511



- Muller, C. L., Champan, L., Grimmond, C. S. B., Young, D. T., & Cai, X.-M. (2013a): Sensors and the city: a review of urban meteorological networks. *International Journal of Climatology*, 33, 1585–1600.
- Muller, C. L., Champan, L., Grimmond, C. S. B., Young, D. T., & Cai, X.-M. (2013b): Toward a standardized metadata protocol for urban meteorological networks. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94, 1161–1185. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00096.1>.
- Mooney J. D. (2004): Developing Portable Software. In: Reis R. (eds) *Information Technology*. IFIP International Federation for Information Processing, vol 157. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/1-4020-8159-6\\_3](https://doi.org/10.1007/1-4020-8159-6_3)
- Oke, T. R. (2006): Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, IOM Report 81, WMO/TD no. 1250, Geneva, pp. 51.
- Paller, G., Szármes, P. and Élő, G. (2015): Power Consumption Considerations of GSM-Connected Sensors in the AgroDat.hu Sensor Network. *Sensors & Transducers*, 189, 52-60.
- Parthiban, T., Ravi, R. and Parthiban, G.T. (2005): Potential monitoring system for corrosion of steel in concrete. *Advances in Engineering Software*, Vol. 37, Issue 6, June 2006, 375-381, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2005.09.004>
- Payero, J.O., Nafchi, A.M., Davis, R. and Khalilian, A. (2017): An Arduino-Based Wireless Sensor Network for Soil Moisture Monitoring Using Decagon EC-5 Sensors. *Open Journal of Soil Science*, 7, Article ID: 79962.
- Poutiainen, J., Saltikoff, E., Dabberdt, W. F., Koistinen, J., Turtiainen, H. (2006): Helsinki testbed: a new open facility to test instrumentation technology for atmospheric measurements. WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation Geneva, Switzerland, 4–6 December 2006.
- Raji, K.A. and Gbolagade, K.A. (2019): A Survey of Different Techniques for Energy-Efficient, Reliability and Fault Tolerant in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019; 7(1): 19-26, doi: 10.11648/j.wcmc.20190701.13
- Reina, D. G., Toral, S. L., Barrero, F., Bessis, N., & Asimakopoulou, E. (2013): The role of ad hoc networks in the internet of things: a case scenario for smart environments. In N. Bessis et al. (Eds.), *Internet of things and intercooperative computational technologies for collective intelligence* (pp. 89–113). New York: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34952-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34952-2_4).
- Savić, S., Lužanin, Z., Milošević, D., Kresoja, M. (2018a): Intraurban analysis of air temperature in Central-European city. The 10th International Conference on Urban Climate (ICUC10) with

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

the 14th Symposium on the Urban Environment (SUE), August 6-10, 2018, New York, USA, Extended Abstract, pp. 6.

- Savić, S., Marković, V., Šećerov, I., Pavić, D., Arsenović, D., Milošević, D., Dolinaj, D., Nagy, I., & Pantelić, M. (2018b): Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: case study for a midsized Central European city, Novi Sad (Serbia). *Natural Hazards*, 91, 891–911.
- Savić, S., Gál, T., Milošević, D., Bajšanski, I., Zénó Gyöngyösi, A., Šećerov, I., Gulyás, A., Hévízi, B. (2019): "Development of adaptation system to prevent consequences of extreme precipitations and pluvial floods in central European cities". University of Novi Sad Faculty of Sciences, Novi Sad-Szeged, pp. 108.
- Schroeder, A. J., Basara, J. B., & Illston, B. G. (2010): Challenges associated with classifying urban meteorological stations: the Oklahoma City Micronet example. *The Open Atmospheric Science Journal*, 4, 88–101.
- Shamsudeen. E. (2018): A Study on Inter process Communications in Distributed Computer systems. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, Vol. 08, Issue 4, April. 2018, VIII, 09-15.
- Sharma, D., Verma, S. and Sharma K. (2013): Network Topologies in Wireless Sensor Networks: A Review. *International Journal of Electronics & Communication Technology*, 4, 93-97.
- Shrestha, A., Xing, L. and Liu, H. (2006): Infrastructure Communication Reliability of Wireless Sensor Networks. 2006 2nd IEEE International Symposium on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 29 Sept.-1 Oct. 2006, DOI: 10.1109/DASC.2006.31
- Shrestha, A., Xing, L. and Liu, H. (2007): Modeling and Evaluating the Reliability of Wireless Sensor Networks. 2007 Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, 22-25 Jan. 2007, 186-191, DOI: 10.1109/RAMS.2007.328105
- Skarbit, N., Stewart, I. D., Unger, J., & Gál, T. (2017): Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the 'local climate zones' of Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology*, 37, 582–596.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012): Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.
- Silva, I., Guedes, L.A., Portugal, P., Vasques, F. (2012): Reliability and Availability Evaluation of Wireless Sensor Networks for Industrial Applications. *Sensors*, Vol. 12, Issue 1, 806-838, doi:10.3390/s120100806

*Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената*

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

- Smarsly, K. and Law. K.H. (2014): Decentralized fault detection and isolation in wireless structural health monitoring systems using analytical redundancy. *Advances in Engineering Software*, Vol. 73, July 2014, 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2014.02.005>
- Strobl, R.O. and Robillard, P.D. (2008): Network Design for Water Quality Monitoring of Surface Freshwaters: A Review. *Journal of Environmental Management*, 87, 639-648.
- Sun, Y.L. and Yang, Y. (2007): Trust Establishment in Distributed Networks: Analysis and Modeling. 2007 IEEE International Conference on Communications, Glasgow, 2007, 1266-1273, doi: 10.1109/ICC.2007.214.
- Suomi, J., & Käyhkö, J. (2012): The impact of environmental factors on urban temperature variability in the coastal city of Turku, SW Finland. *International Journal of Climatology*, 32, 451–463.
- Tanenbaum, A.S. and Bos, H. (2002): *Modern Operating Systems*, 2nd Edition. Prentice Hall, pages 951
- Tashtoush, Y., Al-Maolegi, M. and Arkok, B. (2014): The Correlation among Software Complexity Metrics with Case Study. *International Journal of Advanced Computer Research*, 4, 414-419.
- Šećerov, I., Savić, S., Milošević, D., Marković, V., Bajšanski, I. (2015): Development of an automated urban climate monitoring system in Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 19(4), 174–183.
- Unger, J., Savić, S., & Gál, T. (2011): Modelling of the annual mean urban heat island pattern for planning of representative urban climate station network. *Advances in Meteorology*, volume 2011, 9. <https://doi.org/10.1155/2011/398613> .
- Unger, J., Savić, S., Gál, T., & Milošević, D. (2014): Urban climate and monitoring network system in Central European cities (p. 103). Novi Sad: University of Novi Sad, University of Szeged.
- Unger, J., Savić, S., Gál, T., Milošević, D., Marković, V., Gulyás, Á., Arsenović, D. (2015): Urban climate monitoring networks based on LCZ concept. ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, 20th-24th July, Toulouse, France, Extended Abstracts, pp. 6.
- Warren, E. L., Young, D. T., Chapman, L., Muller, C. L., Grimmond, C. S. B., & Cai, X.-M. (2016): The Birmingham urban climate laboratory—a high density, urban meteorological dataset, from 2012–2014. *Scientific Data*, 3(160038). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.38>.
- Watras, C. J., Morrow, M., Morrison, K., Scannell, S., Yazicioglu, S., Read, J. S., Hu, Y., Hanson, P. C., & Kratz, T. (2014): Evaluation of wireless sensor networks (WSNs) for remote wetland

monitoring: design and initial results. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 919–934.

- Jovanović, M., Pavić, D., Mesaroš, M., Stankov, U., Pantelić, M., Armenski, Tatjana., Dolinaj, D., Popov, S., Ćosić, Đ., Popović, Lj., Frank, Ana., Crnojević, Vladimir. (2013): Water shortage and drought monitoring in Bačka region (Vojvodina, North Serbia) – setting-up measurement stations network. *Geographica Pannonica*, Volume 17, Issue 4, 114-124 (December 2013), ISSN 0354-8724 (hard copy) | ISSN 1820-7138 (online), DOI: 10.5937/GeoPan1304114J
- Venkatesan, L., Shanmugavel, S. and Subramaniam C. (2013): A Survey on Modeling and Enhancing Reliability of Wireless Sensor Network. *Wireless Sensor Network*, March 2013, 5, 41-51, <http://dx.doi.org/10.4236/wsn.2013.53006>
- Virkki, J., Zhu, Y., Meng, Y. and Chen, L. (2011): RELIABILITY OF WSN HARDWARE. *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, Vol.1, No.2, December 2011, DOI: 10.5121/ijesa.2011.1201
- von Praun C. (2011): Race Detection Techniques. In: Padua D. (eds) *Encyclopedia of Parallel Computing*, Springer, Boston, MA, [https://doi.org/10.1007/978-0-387-09766-4\\_38](https://doi.org/10.1007/978-0-387-09766-4_38)
- Wilhelmi, O. V., & Hayden, M. H. (2010): Connecting people and place: a new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. *Environmental Research Letters*, 5, 1–7.
- Yarbrough, B. and Wagner, N. (2018): ASSESSING SECURITY RISK FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS UNDER CYBER ATTACK. ANSS '18: Proceedings of the Annual Simulation Symposium, April 2018, Article No.: 1 Pages 1–12
- Young, D. T., Chapman, L., Bland, S. C., Muller, C. L. (2012): Assessing a ‘low-cost’ wireless temperature sensors for HiTemp. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, UCD, Dublin, Ireland, pp. 4.
- Qiu, L., Liu, Z., Pereira, G.C.C.F. and Seo, H. (2017): Implementing RSA for Sensor nodes in Smart Cities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 21, 807-813. <https://doi.org/10.1007/s00779-017-1044-y>

## ДОДАТНИ МАТЕРИЈАЛ

<p>назив/улога fearlessone HRTC</p>	<p>спецификација уређаја Intel Corporation Xeon E5 v2/Core i7 DMI2 (rev 04)</p> <p>PCI bridge: Intel Corporation C600/X79 series chipset PCI Express Virtual Root Port (rev 06)</p> <p>---- link agregation network card bond0----- Ethernet controller: Intel Corporation I350 Gigabit Network Connection (rev 01) ---- link agregation network card bond0-----</p> <p>processor: 0-23 vendor_id: GenuineIntel cpu family: 6 model: 62 model name: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v2@2.60GHz stepping: 4 microcode: 0x417 cpu MHz: 2899.914 cache size: 15360 KB physical id: 1 siblings: 12 core id: 5 cpu cores: 6 apicid: 43 initial apicid : 43 fpu: yes fpu_exception: yes cpuid level: 13 wp: yes flags: fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1gb rdtscp lm constant_tsc arch_perfmon pebs bts rep_good nopl xtopology nonstop_tsc aperfmperf eagerfpu pni pclmulqdq dtes64 monitor ds_cpl vmx smx est tm2 ssse3 cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4_1 sse4_2 x2apic popcnt tsc_deadline_timer aes xsave avx f16c rdrand lahf_lm ida arat epb xsaveopt pln pts dtherm tpr_shadow vnmi flexpriority ept vpid fsgsbase smep erms bogomips: 5205.22 clflush size: 64 cache_alignment: 64 address sizes: 46 bits physical, 48 bits virtual</p> <p>RAM: 16GB</p>	<p>карактеристике мрежног адаптера ethtool -i eno2 driver: igb version: 5.2.18-k firmware-version: 1.61, 0x8000090e</p> <p>MTU 9000 bond0 2Gbps</p>
<p>silentone HRTC</p>	<p>Host bridge: Intel Corporation 5520 I/O Hub to ESI Port (rev 22)</p> <p>PCI bridge: Intel Corporation 5520/5500/X58 I/O Hub PCI</p>	<p>ethtool -i enp16s0f0-enp16s0f3 driver: tg3 version: 3.137 firmware-version: 5719-v1.24</p>

Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

Express Root Port 1 (rev 22) MTU 9000  
 PCI bridge: Intel Corporation 7500/5520/5500/X58 I/O Hub bond0 4Gbps  
 PCI Express Root Port 9 (rev 22) trunk protocol

PCI bridge: Intel Corporation 82801JI (ICH10 Family) PCI Express Root Port 1

PCI bridge: Vitesse Semiconductor VSC452 [SuperBMC] (rev 01)

Ethernet controller: Broadcom Corporation NetXtreme II BCM5716 Gigabit Ethernet (rev 20)

---- link agregation network card bond0-----  
 Ethernet controller: Broadcom Corporation NetXtreme BCM5719 Gigabit Ethernet PCIe (rev 01)  
 ---- link agregation network card bond0-----

processor: 0-7  
 vendor\_id: GenuineIntel  
 cpu family: 6  
 model: 44  
 model name: Intel(R) Xeon(R) CPU E5620@2.40GHz  
 stepping: 2  
 microcode: 0x14  
 cpu MHz: 2400.052  
 cache size: 12288 KB  
 physical id: 1  
 siblings: 8  
 core id: 10  
 cpu cores: 4  
 apicid: 53  
 initial apicid: 53  
 fpu: yes  
 fpu\_exception: yes  
 cpuid level: 11  
 wp: yes  
 flags: fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1gb rdtscp lm constant\_tsc arch\_perfmon pebs bts rep\_good nopl xtopology nonstop\_tsc aperfmperf pni dtes64 monitor ds\_cpl vmx smx est tm2 ssse3 cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4\_1 sse4\_2 popcnt lahf\_lm ida arat epb dtherm tpr\_shadow vnmi flexpriority ept vpid bogomips: 4800.10  
 clflush size: 64  
 cache\_alignment: 64  
 address sizes: 40 bits physical, 48 bits virtual

RAM: 12GB

urbanpath  
 HRSS

Host bridge: Intel Corporation Xeon E5 v2/Core i7 DMI2 (rev 04) ethtool -i eno2-eno4  
 driver: igb

Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената

*Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements*

```

PCI bridge: Intel Corporation Xeon E5 v2/Core i7 PCI Express Root Port 1a (rev 04)
version: 5.2.18-k
firmware-version: 1.61, 0x8000090e

PCI bridge: Intel Corporation C600/X79 series chipset PCI Express Virtual Root Port (rev 06)
MTU 9000
bond0 2Gbps

PCI bridge: Renesas Technology Corp. SH7757 PCIe Switch [PS]

---- link agregation network card bond0-----
Ethernet controller: Intel Corporation I350 Gigabit Network Connection (rev 01)
---- link agregation network card bond0-----

processor: 0-23
vendor_id: GenuineIntel
cpu family: 6
model: 62
model name: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2620 v2@2.10GHz
stepping: 4
microcode: 0x427
cpu MHz: 2264.226
cache size: 15360 KB
physical id: 1
siblings: 12
core id: 5
cpu cores: 6
apicid: 43
initial apicid: 43
fpu: yes
fpu_exception: yes
cpuid level: 13
wp: yes
flags: fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1gb rdtscp lm constant_tsc arch_perfmon pebs bts rep_good nopl xtopology nonstop_tsc aperfmperf eagerfpu pni pclmulqdq dtes64 monitor ds_cpl vmx smx est tm2 ssse3 cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4_1 sse4_2 x2apic popcnt tsc_deadline_timer aes xsave avx f16c rdrand lahf_lm ida arat epb xsaveopt pln pts dtherm tpr_shadow vnmi flexpriority ept vpid fsgsbase smep erms bogomips: 4204.19
clflush size: 64
cache_alignment : 64
address sizes: 46 bits physical, 48 bits virtual

RAM: 16GB

```

Табела д1: назив и улога уређаја у анализи случаја и спецификација хардвера

## БИОГРАФИЈА



Иван Шећеров, рођен је 12.05.1977. године у Новом Саду, Република Србија. Гимназију „Исидора Секулић“ завршава 1996. након чега уписује студије на Департману за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду. 2009. године завршава Cisco академију у оквиру Факултета техничких наука и успешно полаже за Cisco Certified Network Associate. 2010. године завршава курс „Структурно програмирање и програмски језик С“ на Факултету техничких наука у Новом Саду. Дипломира 2013. године са темом „Електронска настава на примеру предмета климатологија са основама метеорологије“. 2015. године брани мастер тезу са темом "Систем за мониторинг метеоролошких вредности у новосадској урбаној зони". До 2006. године ради као мрежни администратор на катедри за отворен софтвер у оквиру Факултета техничких наука у Новом Саду, након чега прелази на Природно математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелјерство у Новом Саду где ради као инжињер за рачунарске мреже. Професионална орјентисаност: оперативни системи, мрежни сервиси и мрежно програмирање. Од 2013. године ангажован је на више ИПА прекограничних пројеката. Од 2016. године ради и као асистент на предмету ГИС софтвери, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду.



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**  
**ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**  
**ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ И ХОТЕЛИЈЕРСТВО**

**КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА**

Редни број:	
<b>РБР</b>	
Идентификациони број:	
<b>ИБР</b>	
Тип документације:	Монографска документација
<b>ТД</b>	
Тип записа:	Текстуални штампани материјал
<b>ТЗ</b>	
Врста рада:	Докторска дисертација
<b>ВР</b>	
Аутор:	Иван Шећеров
<b>АУ</b>	
Ментор:	др Лазар Лазић, редовни професор, ПМФ др Срђан Попов, ванредни професор, ФТН
<b>МН</b>	
Наслов рада:	Поузданост података у процесу аквизиције великих временских серија у мониторингу климатских елемената
<b>НР</b>	
Језик публикације:	Српски (ћирилица)
<b>ЈП</b>	
Језик извода:	Српски/Енглески
<b>ЈИ</b>	
Земља публикавања:	Република Србија

<b>ЗП</b>	
Уже географско подручје:	Војводина
<b>УГП</b>	
Година:	2021.
<b>ГО</b>	
Издавач:	Ауторски репринт
<b>ИЗ</b>	
Место и адреса: <b>МА</b>	Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад
Физички опис рада: <b>ФО</b>	6 поглавља, 96 страна, 104 лит. цитата, 17 табела, 6 слика, 2 графика, 11 прилога
Научна област:	Географија
<b>НО</b>	
Научна дисциплина:	Геоинформатика
<b>НД</b>	
Предметна одредница / кључне речи: <b>ПО</b>	Бежичне сензорске мреже, поузданост информација у интер-процес комуникацији, мониторинг урбане климе, урбане метеоролошке мреже
<b>УДК:</b>	
Чува се: <b>ЧУ</b>	У Библиотеци Департмана за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 3.
Извод: <b>ИЗ</b>	Урбано окружење дефинише специфичну микро-климу која директно утиче на квалитет живота у урбанизованим подручјима, често имајући негативан утицај на урбану популацију. Феномени попут урбаног топлотног острва и површи, представљају директан продукт урбаног начина живота. Урбане метеоролошке мреже (urban

meteorological networks, UMN) представљају алат који омогућава боље разумевање и анализу тренутних фактора као и алат уз који се боље планира урбани развој.

Постављене да прате и бележе различите објекте и њихова стања у оквиру урбане средине, урбане метеоролошке мреже креирају базу великих, метеоролошких, временских серија. Најчешће имплементације оваквих система, представљају бежичне мреже сензора (wireless sensor networks, WSN). Овај рад представља синтезу искустава у развоју оваквих типова мерних станица. У периоду од седам година истраживања у оквиру ове области, аутор је препознао значај поузданости података у процесу аквизиције. Битније, услед недостатка довољног броја публикованих истраживања која се односе на поузданост података прикупљених од стране WSN и њиховог централног сегмента на серверу (процес чија је улога преузимање, валидација, парсирање и складиштење података у инстанци базе сервера), прикупљени подаци се користе у научне сврхе без провере њихове валидности. Како би се утврдила могућност промене валидности информације прослеђене од стране мреже сензора, пре њеног складиштења у неку од форми базе, за потребе овог истраживања развијен је модел поузданог сокет сервера, базираног на високом степену поузданости као и перформанси, који у свом раду укључује три главна процеса који за своју комуникацију користе комбинацију сигнала и контролних порука. Студија случаја је изведена на серверски оријентисаном хардверу у оквиру кога је оперативни систем, Linux, доведен до лимита свог рада. Узастопни тестови су показали недоследност у преносу информација између оперативног система и апликативног нивоа, која може да доведе до губитка прикупљених података поготову оних који се односе на измерене објекте кратког трајања. Резултати доводе до закључка да је неопходан већи ниво поузданости у процесу

	прикупљања података у оквиру урбаних метеоролошких мрежа. Предложени модел сокет сервера би могао да употпуни ту потребу у оквиру серверског, централног сегмента.
Датум прихватања теме:	29.10.2020.
<b>ДП</b>	
Датум одбране:	
<b>ДО</b>	
Чланови комисије: <b>КО</b>	Председник: Савић др Стеван, редовни професор, ПМФ, Нови Сад Члан (ментор): Лазић др Лазар, редовни професор, ПМФ, Нови Сад Члан (ментор): Попов др Срђан, ванредни професор, ФТН, Нови Сад Члан: Сладојевић др Срђан, ванредни професор, ФТН, Нови Сад Члан: Милошевић др Драган, доцент, ПМФ, Нови Сад

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF GEOGRAPHY, TOURISM, AND HOTEL MANAGEMENT**

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

Accession number:	
<b>ANO</b>	
Identification number:	
<b>INO</b>	
Document type:	Monograph type
<b>DT</b>	
Type of record:	Printed text
<b>TR</b>	
Contents code:	PhD dissertation
<b>CC</b>	
Author:	Ivan Šećerov
<b>AU</b>	
Mentor:	Lazar Lazić PhD, full professor, Faculty of science Srđan Popov PhD, associate professor, Faculty of technical sciences
<b>MN</b>	
Title:	Data reliability in process of acquiring large time series of climate elements
<b>XI</b>	
Language of text:	Serbian (cyrilic)
<b>LT</b>	
Language of abstract:	Serbian/English
<b>LA</b>	
Country of publication:	Serbia

<b>CP</b>	
Locality of publication:	Vojvodina
<b>LP</b>	
Publication year:	2021.
<b>PY</b>	
Publisher:	Autor's reprint
<b>PU</b>	
Publik place: <b>PP</b>	The Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad
Physical description: <b>PD</b>	6 chapters, 96 pages, 104 citations, 17 tables, 6 images, 2 graphs, 11 figures
Scientific field:	Geography
<b>SF</b>	
Scientific discipline:	Geoinformatics
<b>SD</b>	
Key words: <b>KW</b>	Wireless sensor networks, data reliability in inter-process communications, urban-climate monitoring, urban-meteorological networks
<b>Note:</b> <b>N</b>	None
Holding data: <b>SD</b>	Library of the Department of Geography, Tourism and Hotel SD management, Faculty of sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja obradovića 3
Abstract: <b>AB</b>	Urban environment defines a specific micro-climate, which directly affects the quality of life in urbanized areas and often has a negative impact on urban population. Phenomena like urban heat and surface heat islands are direct products of an urban lifestyle. Urban meteorological networks (UMNs) are a tool that can help to better understand and analyze the current situation and make right decisions about future urban

	<p>development. Deployed to monitor and record different objects and their states inside urban areas, UMN build a long-term meteorological data time series database. The most commonly used systems in achieving this goal include wireless sensor networks (WSN). This paper presents a combined experience in deploying three different WSN systems. During seven years of research in this field, the authors have recognized the importance of data reliability in data acquisition. More importantly, due to the lack of research addressing the reliability of the data received from WSNs by the core segment of the server (processes used in receiving, validating, parsing and storing data into a database instance), the received data are used in scientific studies without questioning their reliability. To determine the possibility of shifting information provided by the data measured from sensor networks before it is stored in a desired form of database, this paper proposes a highly reliable socket server model. The model is built with high reliability and performance in mind and it includes three major processes, which use a combination of signals and control messages to pass information about their states. A case study is performed using high-end hardware, running a Linux operating system stressed to its limits. A repetition testing revealed inconsistency in the information provided by the operating system to the application layer, which could lead to the loss of information about short-term and rarely occurring, monitored objects. The results lead to the conclusion that there is a clear need for a higher level of data reliability in the process of data acquisition at UMN. The proposed socket server should fill this gap within server's core segment.</p>
Accepted by the Scientific Board on:	29.10.2020.
Defended:	
ДО	

<p>Thesys Defend Board:</p> <p><b>DB</b></p>	<p>President: Savić Stevan PhD, full professor, Faculty of sciences, Novi Sad</p> <p>Member (mentor): Lazić Lazar PhD, full professor, Faculty of sciences, Novi Sad</p> <p>Member (mentor): Popov Srđan PhD, associate professor, Faculty of technical sciences, Novi Sad</p> <p>Member: Sladojević Srđan PhD, associate professor, Faculty of technical sciences, Novi Sad</p> <p>Member: Milošević Dragan PhD, docent, Faculty of sciences, Novi Sad</p>
--	---



## План третмана података

<b>Назив пројекта/истраживања</b>
ПОУЗДАНОСТ ПОДАТАКА У ПРОЦЕСУ АКВИЗИЦИЈЕ ВЕЛИКИХ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА У МОНИТОРИНГУ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА
<b>Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање</b>
Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад
<b>Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање</b>
Докторске студије, геонауке
<b>1. Опис података</b>
1.1. Врсте студије: докторске студије
1.2. Врсте података: квантитативни
1.3. Начин прикупљања података: остало
Подаци прикупљени приликом рада система урбаних метеоролошких станица у виду текстуалних лог фајлова креираних од стране процеса за аквизицију података активних на серверском хардверу коришћеном приликом студије случаја; климатолошка мерења параметара урбане климе (температура и влажност ваздуха, брзина и правац ветра, соларна радијација, падавине, стања система станица).
1.3. Формат података, употребљене скале, количина података
1.3.1. Употребљени софтвер и формат датотеке: текстуални фајл, остало (дatabase сервер)
Узастопне серије слања 20000 података; база прикупљених метеоролошких података која варира по станицама и износи преко 120000 мерења.
1.3.2. Број записа (код квантитативних података):
а) број варијабли: 5(клијентска апликација), 6 (серверска апликација); 5 (мерне станице), 18 (тип: падавинска станица), 35 (тип: аутоматска метео. станица).
б) број мерења: вишеструке серије послатих 20000 мерења у циклусима од по 1000 понављања; системи метеоролошких станица су започели мерења 2014 године и сукцесивно се смењују од тада.
1.3.3. Поновљена мерења: да
а) временски размак између поновљених мера је: континуални
б) варијабле које се више пута мере односе се на: број активних клијентских процеса, размак у креирању процеса, параметри контроле рада процеса, параметри детекције грешака, режим одржавања процеса, начин преноса података, кернелска подешавања, редирекције, број конекција, детекција недоследности рада апликативног нивоа, максимални број детектованих активних процеса, размак између слања података.
в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као: инкрементирани ревизије лог фајлова и локалног су карактера. Метеоролошки подаци

урбане климе се налазе у оквиру датабасе сервера.

Напомене: /

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?  
Не

Подаци прикупљени за анализу поузданости информације у интер-процес комуникацији су локалног карактера и нису употребљиви као дугорочни. Подаци измерени од стране система метеоролошких станица представљају континуирана мерења параметара урбане климе која се складиште у mysql датабасе сервер и чији је експорт могућ у виду CSV текстуалног формата.

## 2. Прикупљање података

### 2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?  
остало: студија случаја изведена на серверско-оријентисаном хардверу у оквиру локалне рачунарске мреже Департмана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ Нови Сад. Мерења параметара урбане климе се врши путем више различитих, развијених система метеоролошких станица.

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

Мрежна опрема, Linux даемон процеси. Развијени системи метеоролошких станица.

### 2.2 Квалитет података и стандарди

#### 2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да (у случају параметара урбане климе)

а) Колики је број недостајућих података? варира од станица и система.

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Не

#### 2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података?

Алгоритам провере валидности података интегрисан у сам фирмваре метео. станице као и улазни модул централног, серверског сегмента.

#### 2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Алгоритам провере валидности података интегрисан у сам фирмваре метео. станице као и улазни модул централног, серверског сегмента.

## 3. Третман података и пратећа документација

### 3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у: метеоролошки подаци се депонују у локалној серверској структури Департмана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад.

3.1.2. URL адреса: /

3.1.3. DOI: /

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу? Не  
Доступни на захтев

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.  
Метеоролошки подаци се складиште на серверској инфраструктури Департамана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад.

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? /

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум: /

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? /

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена? /

#### **4. Безбедност података и заштита поверљивих информација**

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података: /

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? /

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Не

#### **5. Доступност података**

5.1. *Подаци ће бити доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области*

Уз претходно одобрење руководства Департамана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад.

5.4. *Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.*  
Ауторство

#### **6. Улоге и одговорност**

6.1. *Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података:*  
Депарتمان за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад

6.2. *Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима:*  
Иван Шећеров, ivan.secerov@dgt.uns.ac.rs

6.3. *Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима*  
Руководство Департамана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад