

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Миодрага Маловића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 762 од 14.5.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Миодрага Маловића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Развој и анализа сензорског система за мерење вибрација грађевинских објеката“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Рођен је 1967. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 1995. године на одсеку Физичка електроника, смер оптоелектроника и ласерска техника. Магистрирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2003. године, смер мерења у електротехници, магистарском тезом под називом „Одређивање динамичких параметара претварача неелектричних величина са применама“.

Од 1994. до данас бави се развојем индустријског софтвера ниског нивоа у сврху аутоматског управљања производним и другим процесима путем електронских вага, програмабилних контролера, и других компјутеризованих сензора. Софтвер чији је аутор је инсталиран у стотине фабрика и других објеката (технички прегледи возила, силоси, пруге, површински копови, и др) широм Србије и земаља у окружењу.

Од октобра 1995. до данас стално је запослен на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као асистент на групи предмета из техничке физике, грађевинске физике и физичке електронике.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Магистарски рад под називом „Одређивање динамичких параметара претварача неелектричних величина са применама“ одбранио је 10.7.2003. године на Електротехничком факултету у Београду, смер мерења у електротехници. Ментор је био др Драган Станковић, редовни професор.

Учествовао је на пројекту "Истраживање краткотрајног и дуготрајног мониторинга конструкција" (TR-16023) у периоду од 2008. до 2010. године, а тренутно је укључен у два пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Србије: "Истраживање стања и метода унапређења грађевинских конструкција са аспекта употребљивости, носивости, економичности и одржавања" (TR-36048) и "Астроинформатика: Примена ИТ у астрономији и сродним дисциплинама" (44002).

Коаутор је неколико приручника за лабораторијске вежбе из групе предмета из техничке физике, грађевинске физике и физичке електронике, као и збирке задатака из Техничке физике.

А. Радови у међународним часописима (M23):

A.1. Jevremović D., Dimitrijević M. S., Popović L. Č., Dačić M., Protić Benišek V., Bon E., Gavrilović N., Kovačević J., Benišek V., Kovačević A., Ilić D., Sahal-Bréchet S., Tsvetkova K., Simić Z., Malović M.: *The Project of Serbian Virtual Observatory and Data for Stellar Atmosphere Modeling*, - New Astronomy Reviews, Vol 53, issues 7-10, 2009, pp. 222-226. DOI:10.1016/j.newar.2009.09.002

В. Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33):

B.1. Malović M., Stanković D., Zlatanović M.: *Dynamic Characteristics of Silicon Resistance Temperature Sensors*, - Proceedings of 20th international conference on microelectronics MIEL, Niš, 1995, vol. 2, pp. 593-596.

B.2. Jevremović D., Dimitrijević M. S., Popović L. Č., Dačić M., Protić Benišek V., Bon E., Gavrilović N., Kovačević J., Benišek V., Kovačević A., Ilić D., Sahal-Bréchet S., Tsvetkova K., Simić Z., Malović M.: *Serbian Virtual Observatory and Virtual Atomic and Molecular Data Center (VAMDC)* - Proceedings of the VII Bulgarian-Serbian Astronomical Conference (VII BSAC), Chepelare, Bulgaria, 2010.

B.3. Jevremović D., Dimitrijević M. S., Popović L. Č., Kovačević A., Vujčić V., Protić Benišek V., Benišek V., Sahal-Bréchet S., Tsvetkova K., Aleksić J., Nešković S., Simić Z., Malović M.: *Serbian Virtual Observatory* - Proceedings of the 13th International Conference CompSysTech'12, Ruse, Bulgaria, 2012. eds. B. Rachev, A. Smrikarov, ACM (Association for Computing Machinery) ICPS (International Conference Proceedings Series), ACM Press, New York 630, pp. 399-405.

С. Радови у водећим часописима од националног значаја (M51):

C.1. Маловић М., Брајовић Љ., Мишковић З., Тодоровић Г.: *Мерење вибрација мрежом бежичних сензора*, - Техника - Наше Грађевинарство, Vol 66, No 6, 2012, стр. 883-888.

C.2. Malović M., Brajović Lj., Mišković Z., Todorović G.: *Vibration measurements using a wireless sensors network*, - Technics - Our Civil Engineering, Vol 68, special edition, 2013, pp. 19-26.

Д. Радови у часописима од националног значаја (M52):

D.1. Брајовић Љ., Симић М., Маловић М., Влајић Љ.: *Нови приступ развоју и анализи методе за одређивање интензитета сила у кабловима*, - Техника - Наше Грађевинарство, Vol 54, No 6, 2000, стр. НГ1-НГ8.

D.2. Jevremović D., Dimitrijević M. S., Popović L. Č., Dačić M., Protić Benišek V., Bon E., Benišek V., Ilić D., Kovačević A., Malović M.: *Serbian Virtual Observatory*, - Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, Belgrade, issue 15, 2009, pp. 52-58.

Е. Радови у научним часописима (M53):

E.1. Маловић М., Брајовић Љ., Мишковић З.: *Примена бежичних сензорских мрежа у мониторингу грађевинских конструкција*, - Грађевински календар, Vol 42, 2010, pp. 201-232.

Ф. Предавања по позиву са скупова националног значаја штампана у целини (M61):

F.1. Sahal-Brechet S., Dačić M., Dimitrijević M. S., Jevremović D., Kovačević A., Kovačević J., Simić Z., Popović L. Č., Protić Benišek V., Bon E., Gavrilović N., Benišek V., Ilić D., Tsvetkova K., Malović M.: *Serbian Virtual Observatory and Virtual Atomic and Molecular Data Center (VAMDC)*, - VII Bulgarian-Serbian Astronomical Conference: Astroinformatics, 2012, pp. 55-62. Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory of the Bulgarian Academy of Sciences, Belgrade Astronomical Observatory, 11, 978-86-89035-00-1 (ASRB) DOI:2012PASRB..11..55J

Г. Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M63):

G.1. Стојић Ђ., Станковић Д., Маловић М.: *Идентификација параметара мерних претварача моделованих системом другог реда у условима јаког шума*, Зборник радова XL конференције за ЕТРАН, Будва 1996, стр. 115-118.

G.2. Брајовић Љ., Симић М., Миодраг М.: *Коришћење уграђених фиброоптичких сензора за испитивање бетонских структура*, Зборник радова XLII конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања 1998. свеска 1, стр. 407-410.

G.3. Симић М., Брајовић Љ., Миодраг М.: *Један метод за мерење и аквизицију релативне влажности ваздуха од значаја за грађевинску струку*, Зборник радова XLII конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања 1998. свеска 1, стр. 411-414.

G.4. Брајовић Љ., Симић М., Шумарац Д., Миловић М.: *Фиброоптички и графитни сензори за детектовање пукотина у бетону*, Зборник радова XLII конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања, 1998. свеска 1, стр. 429-432.

G.5. Брајовић Љ., Симић М., Влајић Љ., Матовић В., Миловић М.: *Одређивање интензитета сила у кабловима на спортској хали у Београду*, Зборник радова XLIII конференције за ЕТРАН, Златибор 1999. стр. 326-329.

G.6. Миловић М., Станковић Д., Шекара Т.: *Сервоакцелерометарски систем за одређивање брзине, убрзања и померања*, Зборник радова XLV конференције за ЕТРАН, Буковичка Бања 2001. свеска 3, стр. 277-280.

G.7. Брајовић Љ., Тодоровић Г., Симић М., Миловић М., Павићевић Д.: *Електроакустичка испитивања дрвених елемената за израду резонатора виолина*, Зборник радова XLVIII конференције за ЕТРАН, Чачак 2004. свеска 2, стр. 383-385.

G.8. Миловић М., Брајовић Љ., Мишковић З.: *Мрежа бежичних сензора за мерење вибрација на грађевинским објектима*, Зборник радова Конгреса Метролога, Кладово 2011. стр. 39-46.

G.9. Миловић М., Брајовић Љ., Мишковић З., Тодоровић Г., Цветковић Ј., Бановић Н.: *Анализа временске синхронизованости бежичних сензорских уређаја за мерење вибрација у грађевинарству*, Зборник радова Конгреса Метролога, Бор 2013. секција 1, рад 5.

G.10. Тодоровић Г., Брајовић Љ., Миловић М., Госпавић Р.: *Одређивање коефицијента пролаза топлоте и соларних добитака прозора мерењем температуре и осветљености*, Зборник радова Конгреса Метролога, Бор 2013. секција 8, рад 4.

Н. Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64):

Н.1. Jevremović D., Dimitrijević M. S., Vujčić V., Popović L. Č., Protić Benišek V., Benišek V., Aleksić J., Kovačević A., Tsvetkov M., Tsvetkova K., Simić Z., Mиловић М.: *Serbian Virtual Observatory 2010-2012 and its Connection with Virtual Atomic and Molecular Data Center (VAMDC)*, VIII Serbian-Bulgarian Astronomical Conference, Leskovac 2012. Book of Abstracts, eds. Dimitrijević M. S., Tsvetkov M. K., Serbian Astronomical Society and Astronomical Observatory, Belgrade, 10.

И. Техничка решења - прототипови (M85):

И.1. Мишковић З., Миловић М., Брајовић Љ.: *WI-Асс - Систем за конструкцијски мониторинг убрзања применом бежичних комуникација (Wireless Acceleration Structural Monitoring System)*, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2010.

И.2. Петричевић С., Брајовић Љ., Милосављевић Ј., Миловић М., Михајловић П.: *Систем за оптоелектронско мерење угиба шине при квазистатичким оптерећењима*, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, 2013.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Резултати објављени у поменутих радовима представљају резултате истраживања који ће бити коришћени као основа даљег развоја и анализе савременог сензорског система за мерење вибрација грађевинских објеката који ће бити представљени у докторској дисертацији кандидата. На основу досадашњег истраживачког рада и публикованих научних и стручних резултата може се закључити да је кандидат Миодраг Миловић квалификован за израду докторске дисертације на предложеној тему.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет научне расправе докторске дисертације под датим насловом је адекватно мерење вибрација грађевинских објеката (мостова, брана, торњева, тунела, итд.) применом новог

сензорског система. Сензорски системи у грађевинарству се најчешће користе за надзор стања објеката (*SHM - Structural Health Monitoring*). У области грађевинарства, у циљу надзора најчешће се мере вибрације и напрезање, као и друге релевантне физичке величине (температура, влажност, интензитет звука, осветљеност, итд) [1-3].

Мерење осцилација грађевинских објеката се врши истовремено у више тачака да би се анализом модала осцилација добила одговарајућа процена стања конструкције. Да би се смањили трошкови и побољшала ефикасност мерења биће развијен бежични сензорски систем за дату намену. Коришћењем нових технологија сензора (*MEMS - Micro-Electro-Mechanical Systems*) омогућиће се знатно дужи период рада развијеног сензорског система са истом утрошеном енергијом за напајање у односу на класичне сензорске системе [4-6].

Циљ истраживања је развој оригиналног сензорског система за мерење вибрација грађевинских објеката, заснованог на домаћем хардверу, и нових брзих алгоритама [7-9].

Експериментална верификација развијеног сензорског система биће обављена у лабораторији за електронику Грађевинског факултета у Београду, на Војнотехничком институту и у лабораторији Групе за време, фреквенцију и дистрибуцију времена у Дирекцији за мере и драгоцене метале. Такође ће бити извршена провера рада мерног система у теренским условима.

- [1] B. Aygün, V. C. Gungor, "Wireless sensor networks for structure health monitoring: recent advances and future research directions", *Sensor Review*, 31(3), pp 261-276, 2011.
- [2] P. Nie, Z. Jin, "Requirements, challenges and opportunities of wireless sensor networks in structural health monitoring", 3rd IEEE International Conference on Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT), pp 1052-1057, Oct. 26-28, 2010.
- [3] G. D. Zhou, T. H. Yi, "Recent developments on wireless sensor networks technology for bridge health monitoring", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, article ID 947867, 33 pages
- [4] T. I. Miller, B. F. Spencer Jr, J. Li, H. Jo, "Solar energy harvesting and software enhancements for autonomous wireless smart sensor networks", Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, IL, Report NSEL-022, 2010.
- [5] D. Lee, G. Dulai, V. Karanassios, "Survey of energy harvesting and energy scavenging approaches for on-site powering of wireless sensor- and microinstrument-networks", proceedings of SPIE vol. 8728, Energy Harvesting and Storage: Materials, Devices, and Applications IV, pp 87280S, May 28, 2013.
- [6] S. P. Beeby, G. Ensell, M. Kraft, N. M. White, "MEMS Mechanical Sensors". Artech House, Boston | London, 2004.
- [7] A. Shahbahrani, R. Bahrampour, M. S. Rostami, M. A. Mobarhan, "Evaluation of Huffman and arithmetic algorithms for multimedia compression standards", *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications*, 1(4), pp 34-47, 2011.
- [8] J. Benesty, J. Chen, Y. Huang, "Time-delay estimation via linear interpolation and cross correlation", *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 12(5), pp 509-519, 2004.
- [9] S. el Khediri, N. Nasri, M. Samet, A. Wei, A. Kachouri, "Analysis study of time synchronization protocols in wireless sensor networks", *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 3(3), pp 155-165, 2012.

3. Полазне хипотезе

Може се констатовати да се поред класичних мерних система све више користе мреже бежичних сензора. Постоји потреба за домаћим сензорским системом за мерење вибрација у циљу мониторинга постојећих и нових грађевинских конструкција. Разлози су све смелија решења која захтевају праћење и за време градње и током експлоатације, иновације у области технологије грађења, повећани захтеви за градњом капиталних објеката по што нижој цени, нови прописи у вези сигурности грађевинских објеката, употреба нових материјала о чијем понашању у току дужег временског периода нема довољно података,

старење инфраструктурних објеката за чију замену нема средстава и објеката од историјског значаја, захтеви за изградњу на неповољним, слабо приступачним локацијама, тектонска померања која угрожавају капиталне објекте, итд.

Основна хипотеза је да се предложеним унапређењем постиже већа ефикасност и мања цена мониторинга грађевинских конструкција. Предности бежичних сензорских система у поређењу са конвенционалним сензорским системима за мониторинг у грађевини су брзо и једноставно постављање, уштеда у материјалу, занемарљив утицај на саму конструкцију, и флексибилност (под чиме се највише подразумева преносивост). Мане су осетљивост на сметње, мања брзина комуникације, потреба за рационализацијом потрошње енергије и допуњавањем енергетских резерви, и, у случајевима када се тражи висока временска синхронизација, недостатак заједничког такта (извора времена). Приликом развоја специфичног бежичног система потребно је избалансирати ове предности и мане у прихватљиву целину за дату примену.

4. Научне методе истраживања

Научне методе које ће се применити у изради ове докторске дисертације обухватају примену комбинованих теоријских, симулационих и експерименталних метода у циљу решавања наведеног проблема.

Велики број практичних експеримената биће изведен са циљем одређивања различитих карактеристика сензора, сензорског уређаја, и мерног система. Ови експерименти бавиће се одређивањем временске симултаности одмерака, осетљивошћу и крос-аксијалном осетљивошћу акцелерометара, квалитетом и дометом радио комуникације, могућностима допуне енергије батерија путем соларних ћелија, итд.

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос дисертације је у развоју оригиналног сензорског уређаја високе флексибилности у смислу архитектуре отворене за додавање различитих дигиталних или аналогних сензора, и могућности модификације софтвера на најнижем могућем нивоу.

Биће развијене методе за корекцију временске неодређености изазване пропагацијом сигнала кроз мрежу и краткорочном и дугорочном неодређеношћу фреквенције кварцних кристала који служе за мерење времена и за мерење и корекцију високе крос-аксијалне осетљивости употребљених акцелерометара без употребе скупе високо софистициране опреме.

Експериментално ће се анализирати домет и могућности употребе сензорског система у условима сметњи на прометним булеварима и у затвореним просторима, као и дуготрајна употреба овог система применом енергетског допуњавања (energy harvesting) путем соларне енергије.

6. План истраживања и структура рада

Избор компоненти ниске потрошње за развој хардвера и штампање интегрисаних плоча у SMD (surface-mounted device) технологији.

Развој *embedded* RTOS-a (*real time operating system*) у *embedded* C-у и асемблеру на персоналном рачунару. Спуштање програма путем серијске комуникације и коначно тестирање на процесору ADuC845 сензорског уређаја. Развој софтвера за централну станицу у било ком вишем програмском језику.

Мерење и анализа потрошње уређаја и његових компоненти у различитим режимима рада.

Анализа домета модема PRM-4 домаће производње у теренским условима.

Процена временске синхронизације резултата мерења, која је неопходна за анализу модова осциловања грађевинских објеката. Фреквенције од значаја за капиталне грађевинске објекте су реда величине десетина херца, и систем ће бити развијен са одговарајућом временском синхроношћу.

Практична употреба сензорских уређаја са и без система за допуњавање енергије и процена максималног времена рада оваквог система у реалним условима.

У циљу испуњења плана истраживања биће извршено више стотина или хиљада мерења.

Уз закључак биће дате препоруке за даљи развој мреже бежичних сензора

7. Закључак и предлог

Кандидат мр Миодраг Маловић, дипл. инж. електротехнике, испуњава законом предвиђене услове за пријаву теме за израду докторске дисертације. У предложеној теми је садржан јасан предмет научне расправе у вези развоја бежичног сензорског система за мерења вибрација грађевинских објеката. Тема припада области сензорских система и мерења, а за ментора се предлаже др Томислав Шекара, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У закључку Комисија предлаже Наставно-научном већу да кандидату мр Миодрагу Маловићу одобри израду докторске дисертације и да прихвати тему дисертације под радним насловом: „Развој и анализа сензорског система за мерење вибрација грађевинских објеката“.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Томислав Шекара, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Љиљана Брајовић, доцент
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

др Слободан Петричевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет