

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Зорана Бабовића дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5077/11-1 од 29.4.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Зорана Бабовића дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Семантичка интеграција сензорских мрежа“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Зоран Бабовића је рођен 14.09.1973. године у Лазаревцу. Основне студије је завршио на Електротехничком факултету у Београду, смер Рачунарска техника и информатика, са просечном оценом 8.07 (осам и 7 од 100), уз оцену на дипломском раду 10 (десет). Дипломирао је 2004. године, успешно одбранивши дипломски рад на тему: “МПЕГ 1-2 Мултиплексер” код професора Вељка Милутиновића. Докторске студије је уписао школске 2011/2012. године на модулу Рачунарска техника и информатика и положио је све испите предвиђене Наставним планом и програмом модула са просечном оценом 10. Од 2006. године запослен је као истраживач у Иновационом центру Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Тренутно је ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја, ИИИ44006: *Развој нових информационо-комуникационих технологија коришћењем напредних математичких метода, са применама у медицини, енергетици, е-Управи, телекомуникацијама и заштити националне баштине у склопу потпројекта Развој интелигентних система базираних на дата мајнинг стратегијама.*

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

На докторским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду кандидат је положио следеће испите:

- | | |
|---|------------------|
| - Архитектуре за подршку софтверским системима (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Одабрана поглавља из архитектуре рачунарских система (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Локалне рачунарске мреже (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |

- | | |
|--|------------------|
| - Моделовање и мерење рачунарских перформанси (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Интернет програмирање (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Сензорске мреже (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Пројектовање рачунара у ВЛСИ техници (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Мултипроцесорски системи (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Објектне и релационе базе података (9 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |
| - Увод у научни рад (6 ЕСПБ) | оцена 10 (десет) |

Поред испита, кандидат је обавио и два студијска истраживачка рада и један научно-стручни рад, што је предвиђено планом докторских студија.

Зоран Бабовић је научно-истраживачко искуство започео 2003. године у сарадњи са немачким институтом ИПСИ Фраунхофер на пројектима у области мултимедије, из којих је израдио дипломски рад. Даље искуство је стекао учествовањем у пет пројеката финансираним од стране Европске комисије у оквиру шестог и седмог оквирног програма и такође пет иновационих пројеката финансираним од Министарства за просвету, науку и технолошки развој (МПНТР) Републике Србије, као члан тима или као водећи истраживач. Пројекти су реализовани на Електротехничком факултету Универзитета у Београду или у Иновационом центру Електротехничког факултета. Пројекти припадају области сензорских мрежа, проналажења скривеног знања, архитектуре рачунара и електронске управе. Листа ангажовања по пројектима је следећа.

- Област сензорских мрежа и система за мониторинг и контролу:
 - 2011 ЕУ ФП7 пројекат #288076 *BALCON: Boosting EU-Western Balkan Countries research collaboration in the Monitoring and Control area.*
 - 2007-2010 ЕУ ФП7 пројекат #205494 *ProSense: Promote, Mobilize, Reinforce and Integrate Wireless Sensor Networking Research and Researchers: Towards Pervasive Networking of West Balkan Countries and the EU.*
 - 2009-2010 Иновациони пројекат МПНТР #391-00-00027/2009-02/142: *Софтвер за аквизицију, мониторинг и обраду података са сензорских мрежа у систему даљинског грејања*
- Област проналажења скривеног знања у медицини:
 - 2009-2011 ЕУ ФП7 пројекат #224297 *ARTreat: Multi-level patient-specific artery and atherogenesis model for outcome prediction, decision support treatment, and virtual hand-on training.*
 - 2014-2015 Иновациони пројекат МПНТР #N5QQ5C: *Примена метода за проналажење знања над великом количином података*
- Област архитектуре рачунара:
 - 2008 ЕУ ФП7 пројекат *HiPEAC: European Network of Excellence on High Performance and Embedded Architecture and Compilation*
 - 2011-2012 Иновациони пројекат МПНТР #451-03-00605/2012-16/198: *Клауд сервиси за апликације са захтевима за високим перформансама*
- Област електронске управе:
 - 2007-2008 ЕУ ФП6 пројекат #045472 *We-Go: Enhancing Western Balkan eGovernment expertise,*
 - 2007-2009 Иновациони пројекти МПНТР
 #451-01-02960/2006-70: *Интероперабилни оквир за е-говернмент сервисе и*
 #451-01-0065/2008-01/128: *Мрежа знања е-Говернмент сервиса*

Такође, поседује и значајно искуство рада на комерцијалним софтверским пројектима реализованим за међународне компаније као што су StorageTek и DowJones из САД, као и Maxeler Technologies и Finsoft из Енглеске.

Зоран Бабовић је коаутор два научна рада објављена у часописима са ИСИ листе у категоријама М23 и М22, два рада у часопису од националног значаја категорије М53, шест радова објављених на међународним и домаћим конференцијама категорије М33 и М63. Такође, коаутор је два поглавља у научним монографијама и књигама објављених од страних издавача. Учествовао је у изради три техничка решења, категорије М82 и М83.

Публикације у научним часописима (са ИСИ листе)

1. Babovic Z., Milutinovic V., "Novel System Architectures for Semantic Based Integration of Sensor Networks", *Advances in Computers*, 2013, Volume 90, str. 91-183. (ISSN=0065-2458) (**IF 2013=0,489**) (M23) (DOI:10.1016/B978-0-12-408091-1.00002-6).
2. Omerovic S., Babovic Z., Zilbert T., Milutinovic V., Tomazic S., "Concept Modeling: From Origins to Multimedia", *Multimedia Tools and Applications*, February 2011, Volume 51 br. 3, str. 1175-1200. (ISSN=1380-7501) (**IF 2013=1,058**) (M22) (DOI: 10.1007/s11042-010-0642-8).

Публикације у научним часописима од националног значаја

1. Ivkovic S., Ilic L., Stankovic M., Radojicic R., Babovic Z., "The Source-Sink Model," *IPSI BgD Transactions on Internet Research*, Volume 9, br. 2, pp. 28-33, July 2013. (M53)
2. Babovic Z., Jovic D., Milutinovic V., "Survey of eGovernment Services in Serbia", *Informatica*, Volume 31, br. 4, str. 379-396, December 2007. (M53)

Публикације на научним скуповима

1. Vukasinovic I., Rakocevic G., Babovic Z., "A Survey on the Use of Mobile Agents in Wireless Sensor Networks", 2012 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Greece, Athens, 19-21 March 2012. (M33)
2. Z. Babovic, S. Jelic, V. Milutinovic, "An Architecture for Semantic Sensor Networks Integration", X International Conference ETAI 2011, Ohrid, Macedonia, 16-20. September 2011. (M33)
3. Savic, E., Potic, J., Babovic, Z., Rakocevic G., Strineka, V., Milutinovic, V., "Sensor Nets and Data Mining in Medical Applications", YUINFO2011, Kopaonik, Serbia, March 2011. (M63)
4. G.Gospavic, Z. Babovic, D. Mijatovic, M. Petrovic, "Implementacija savremenih rešenja za upravljanje distributivnim sistemima baziranim na iskustvima korisnika", 41. Kongres o grejanju, hladenju i klimatizaciji, Beograd, Serbia, 1-3 December 2010. (M63)
5. Babovic Z., Crnjin A., Rakocevic G., Stankovic M., Stankovic S., Peric Z., Cirkovic I., Damjanovic I., Milutinovic V., "ProSense Research Activities in Belgrade", TELSIKS 2009, VOLS 1 AND 2, str. 291-294, Nis, Serbia, 2009. (M63)
6. Rudan S., Kovacevic A., Babovic Z., Jovic D., Milligan C., Milutinovic V., "Optimized resource management of distributed databases of digital signatures in highly-loaded SAN networks", TELFOR, November 2005. (M63)

Поглавља у научним књигама

1. A. Kalogeratos, V. Chasanis, G. Rakocevic, A. Likas, Z. Babovic, M. Novakovic, "Mining Clinical Data", In: *Computational Medicine in Data Mining and Modeling*, Group of Authors, Springer, 2013, str. 1-34. (M14)
2. Z. Babović, A. Crnjin, G. Rakočević, S. Stanković, and V. Milutinović "Practical Health Enhancing Application of Wireless Sensor Networks", In: *Application and Multidisciplinary Aspects of Wireless Sensor Networks*, Group of Authors, Springer, 2011.

Дана 29.05.2015. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације пред комисијом коју су чинили:

- др Јелица Протић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду,

- др Милош Ковачевић, ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду и
- др Александар Нешковић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија је кандидата на јавној усменој одбрани оценила оценом задовољно.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада кандидата. Кандидат је кроз положене испите на докторским студијама, и кроз оствареног учешћа у научним и стручним пројектима, успешну одбрану теме докторске дисертације и објављене научне радове показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија сматра да је кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија констатује да кандидат Зоран Бабовић испуњава све потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Развој ЦМОС технологије омогућио је интензиван развој сензорских мрежа, које се састоје од сензорских чворова, минијатурних уређаја батеријски напајаних и опремљених сензорима, који међусобно комуницирају најчешће бежичном везом и прослеђују сензорска читавања. Састоје се од микроконтролера, комуникационе јединице и неколико сензора у зависности од домена примене. Типична ситуација је да једна сензорска мрежа обухвата на стотине и хиљаде сензорских чворова, распоређена је од једног власника и служи за један апликативни домен, што се често означава као вертикално решење. Ако би други корисници, имали потребу за новом апликацијом, која би такође користила исте сензоре у тој области, потребно би било распоредити нову сензорску мрежу, јер сензорска читавања из постојеће мреже нису доступна за коришћење изван оквира њихове сензорске мреже односно апликације.

Због тога је дошло до идеје за креирање тзв. глобалне сензорске мреже, која би интегрисала све распоређене сензоре из разних сензорских мрежа, који се базирају на различитим хардверским уређајима, користе другачије комуникационе протоколе и формате података. Идеја односно визија такве глобалне интегрисане сензорске мреже назива се Сензорска Мрежа (енг. Sensor Web) [1-3]. У циљу добијања квалитетнијих информација из реалног света, један од праваца истраживања је додавање контекстуалних информација уз измерене вредности сензора. Контекстуалне информације обично садрже временске, просторне и тематске мета-податке додате сировим сензорским читавањима. Интегрисане сензорске мреже које садрже ове додатне семантичке податке називају се Семантичке Сензорске Мреже (енг. Semantic Sensor Web) [4-6]. У основи те платформе користе се семантичке веб (енг. Semantic Web) технологије и то OWL (Ontology Web Language) за представљање онтологија које омогућавају интероперабилност између различитих сензорских мрежа, као и РДФ (RDF - Resource Description Framework) модел за представљање сензора и семантичких сензорских читавања [10-12].

У овој области тренутно постоји низ научно-истраживачких пројеката и активности у склопу шире иницијативе Интернет Ствари (енг. Internet of Things) [7-9], а крајњи циљ је да се добијени резултати и предлози за стандардизацију уобличи и преточе у спецификацију Будућег Интернета (енг. Future Internet). Интернет корисници ће кроз те будуће сервисе бити у могућности да дохватају читавања свих интегрисаних хетерогених сензора путем слања одговарајућих семантичких упита и да на тај начин добију жељене информације о реалном

свету који нас окружује. Додатно, коришћењем логичких закључивача који користе релације концепата из апликативних домена са сензорским читавањима дефинисаним у онтологијама, отварају се могућности извођења сложеног знања о реалном свету.

Постоји низ захтева које једна архитектура мора да испуни како би у општем случају могла да integriше хетерогене сензорске мреже [5,6]. Тренутна ситуација доста подсећа на почетке Светски Разапете Мреже (енг. World Wide Web) због недостатка ефикасних претраживача [6], односно архитектуре која би на адекватан начин интегрисала све сензоре, а истовремено омогућавала корисницима да лако пронађу жељена сензорска мерења без знања о конкретним сензорима и њиховим карактеристикама. Процењује се да тренутно има око двадесет милијарди сензора повезаних на Интернет, при чему различити сензори могу генерисати нова читавања у значајно другачијим временским интервалима укључујући период од неколико дана, неколико секунди или чак милисекунди, до сензорских извора аудио-визуелних сигнала. Број потенцијалних корисника се мери милионима. Затим, прави је изазов моделовати различите сензоре, њихове карактеристике и радне процесе, а посебно њихове релације са реалним објектима од интереса. Оптимални информациони модел омогућава интероперабилност између хетерогених сензорских мрежа и примену у широком апликативном домену. Такође, интегрисане сензорске мреже имају веома динамичку природу, сензорски уређаји могу да буду привремено искључени, могу да се прикључују нови уређаји, квалитет сензорских читавања може да варира услед ограничених ресурса уређаја, сензори могу бити мобилни и статички итд.

Циљ истраживања у склопу ове докторске дисертације представља развој скалабилне архитектуре која би омогућила интеграцију хетерогених сензора и истовремено омогућила ефикасно претраживање и дохватање жељених сензорских читавања, како најсвежијих, тако и оних из прошлости. Подразумева се да се за описивање техничких карактеристика сензора и сензорских читавања користе семантичке веб технологије, конкретно OWL језик за дефинисање концепата у онтологијама, а РДФ модел за представљање семантичких података. Тиме се проблем своди на креирање решења за динамичко индексирање и ефикасно дохватање РДФ тројки неструктурираног скупа података у дистрибуираном окружењу. Претпоставља се окружење са великим бројем провајдера сензорских читавања и такође великим бројем корисника. Претходна истраживања су показала да су најчешћи тип упита за сензорским читавањима просторно-временски упити, тако да они требају бити посебно оптимизовани [4-6]. Као полазна основа за развој узимају се постојећа решења за складиштење РДФ података [19-25], да би се размотрило њихово побољшање коришћењем дистрибуираних складишта података високих перформанси уписа и читања, често означаваних као NoSQL (Not Only SQL) решења [26-30], која укључују кључ-вредност складишта, колонски оријентисане базе података и графовски организована складишта. Такође, биће анализирана постојећа решења за просторне индексе [31-33].

Резултати истраживања могу се примењивати у широком скупу области, знатно проширујући могућности стандардних сензорских мрежа кроз потенцијално огромно повећање количине доступних сензорских података и њиховој бољој интерпретацији. Сценарији употребе семантичких сензорских мрежа обухватају [7-9] надзор животне средине и заштита од непогода и катастрофа, затим оптимално управљање саобраћајем и превозом роба, повећање енергетске ефикасности у системима паметних кућа и насеља, побољшање медицинске заштите путем континуалног надзора стања пацијената, ефикасније трошење ресурса и прецизна контрола параметара у пољопривреди, боља контрола процеса у индустријском окружењу и смањено трошење сировина итд.

У наставку су дати релевантни библиографски извори који се могу поделити у неколико група:

- Семантичке сензорске мреже и Интернет Ствари [1]-[12].
- Архитектуре за семантичку интеграцију сензорских мрежа [15]3-[18].
- РДФ складишта података [19]9-[25].
- Решења за дистрибуирано складиштење велике количине података високих перформанси [26]6-[30].
- Структуре за смештање просторних података [31]-[33].

- [1] K. Delin, S. Jackson, "The SensorWeb: a new instrument concept," *Proceedings of the SPIE International of Optical Engineering*, vol. 4284, pp. 1–9, 2001.
- [2] M. Botts, G. Percivall, C. Reed, J. Davidson, "SensorWeb Enablement: Overview and High-Level Architecture," *The Open Geospatial Consortium whitepaper*, 20 August 2008.
- [3] A. Bröring, J. Echterhoff, S. Jirka, I. Simonis, T. Everding, C. Stasch, S. Liang, R. Lemmens, "New Generation SensorWeb Enablement", *Sensors* 11 (3) pp. 2652–2699, 2011.
- [4] A. Sheth, C. Henson, S. Sahoo, "Semantic Sensor Web", *IEEE Internet Computing*, vol. 12, pp. 78–83, 2008.
- [5] O. Corcho, R. Garcia-Castro, "Five Challenges for the Semantic Sensor Web," *Semantic Web Journal*, pp. 121–125, 2010.
- [6] P. Barnaghi, A. Sheth, C. Henson, "From Data to Actionable Knowledge: Big Data Challenges in the Web of Things," *IEEE Intelligent Systems*, Volume 28(6), pp. 6-11, Nov-Dec. 2013.
- [7] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, "The Internet of Things: a Survey," *Computer Networks*, 54 (15), pp. 2787–2805, 2010.
- [8] D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, and I. Chlamtac, "Internet of things: Vision, applications and research challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, pp. 1497-1516, 2012.
- [9] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [10] M. Compton, H. Neuhaus, K. Taylor, K.-N. Tran, "A Survey of the Semantic Specification of Sensors," in: *Proceedings of the Second International Workshop on Semantic Sensor Networks (SSN09)*, Washington DC, USA, October 26, 2009.
- [11] S. De, P. Barnaghi, M. Bauer, S. Meissner, "Service Modelling for the Internet of Things," in: *Computer Science and Information Systems (FedCSIS2011)*, pp. 949–955, 2011.
- [12] M. Compton et al. "The SSN Ontology of the W3C Semantic Sensor Network Incubator Group", *Journal of Web Semantic*, 2012.
- [13] H. Patni, C. Henson, A. Sheth, "Linked Sensor Data," in: *IEEE International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*, pp. 362–370, May 2010.
- [14] P. Barnaghi, W. Wang, L. Dong, and C. Wang, "A Linked-Data Model for Semantic Sensor Streams," in *Green Computing and Communications (GreenCom)*, 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCom), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, pp. 468–475, Aug 2013.
- [15] A. Kansal, S. Nath, J. Liu, F. Zhao, "SenseWeb: an Infrastructure for Shared Sensing," *IEEE Multimedia* 14 (4) pp. 8-13, 2007.
- [16] J.-P. Calbimonte, H. Jeung, O. Corcho, and K. Aberer, "Enabling Query Technologies for the Semantic Sensor Web," *International Journal Semantic Web Information Systems*, vol. 8 (1), pp. 43–63, 2012.
- [17] The Internet of Things Architecture, EU FP7 Project no. 257521, <<http://www.iot-a.eu/public>>
- [18] C. Perera, A. Zaslavsky, C.H. Liu, M. Compton, P. Christen, D. Georgakopoulos, "Sensor Search Techniques for Sensing as a Service Architecture for the Internet of Things", *IEEE Sensors Journal*, Volume 14(2), pp. 406-420, 2014.
- [19] Z. Kaoudi, I. Manolescu, "RDF in the Clouds: A Survey", *The International Journal on Very Large Databases*, Springer-Verlag, 2014.

- [20] T. Neumann and G. Weikum, "The RDF-3X Engine for Scalable Management of RDF data," *The VLDB Journal*, Volume 19(1), pp. 91–113, 2010.
- [21] M. Atre, V. Chaoji, M. J. Zaki, and J. A. Hendler, "Matrix "Bit" loaded: a scalable lightweight join query processor for RDF data," in: *Proceedings of WWW 2010*, pp. 41–50. ACM, 2010.
- [22] J. Huang, D. J. Abadi, and K. Ren, "Scalable SPARQL Querying of Large RDF Graphs," in: *Proceedings of Very Large Data Bases (PVLDB)*, 4(11), 2011.
- [23] Z. Sun, H. Wang, H. Wang, B. Shao, and J. Li., "Efficient subgraph matching on billion node graphs," In *PVLDB*, 5(9), pp. 788–799, 2012.
- [24] K. Zeng, J. Yang, H. Wang, B. Shao, and Z. Wang, "A Distributed Graph Engine for Web Scale RDF Data," In *PVLDB*, 6(4), 2013.
- [25] P. Cudre-Mauroux et al., "NoSQL Databases for RDF: An Empirical Evaluation," in *International Semantic Web Conference 2013*.
- [26] F. Chang et al., "Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data," in: *Proceedings of the Seventh Conference on USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation—Volume 7*, pp. 205–218, 2006.
- [27] A. Lakshman, P. Malik, "Cassandra: A Structured Storage System on a p2p Network," In: *Proceedings of the 21st Annual Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures*, ACM, 2009.
- [28] M. Zaharia et al., "Resilient Distributed Datasets: A Fault-Tolerant Abstraction for in-Memory Cluster Computing," In *NSDI'12*, 2012.
- [29] B. Shao, H. Wang, and Y. Li., "Trinity: A Distributed Graph Engine on a Memory Cloud," In *ACM SIGMOD*, 2013.
- [30] Y. Lu, J. Cheng, D. Yan and H. Wu, "Large-scale Distributed Graph Computing Systems: An Experimental Evaluation," In *PVLDB*, vol. 8(3), pp. 281–292, 2014.
- [31] Bongki Moon, H. V. Jagadish, Christos Faloutsos, and Joel H. Saltz, "Analysis of the Clustering Properties of the Hilbert Space-Filling Curve," *IEEE Transaction on Knowledge Data Engineering*, vol. 13(1), pp. 124–141, 2001.
- [32] S. Ilarri, E. Mena, and A. Illarramendi, "Location-Dependent Query Processing: Where We Are and Where We Are Heading," *ACM Computing Surveys*, vol. 42(3), pp. 1–73, 2010.
- [33] Ku Wei-Shinn, Chen Haiquan, Wang Chih-Jye, Liu Chuan-Ming, "Geo-Store: A Framework for Supporting Semantics-Enabled Location-Based Services," *IEEE Internet Computing*, vol.17, no.2, pp. 35–43, March-April 2013.

3. Полазне хипотезе

Почетне хипотезе су засноване на констатацији да непостојање архитектуре која омогућава ефикасно претраживање и индексирање сензорских читавања у окружењу интегрисаних сензорских мрежа, потиче од чињенице да постојећа решења не узимају довољно у обзир специфичности семантичких сензорских мрежа, што обухвата њихову динамичку природу, интензивно генерисање нових сензорских читавања, огромну количину података којом је потребно манипулисати и доминантност просторно-временских упита над сензорским подацима.

Хипотезе од којих се полази у истраживању су:

- Оптималним пројектовањем архитектуре која се ослања на одговарајуће дистрибуиране репозиторијуме података који у основи користе алгоритам дистрибуиране хеш табеле, могу да се испуне захтеви за скалабилношћу семантичких сензорских мрежа у погледу количине складиштених сензорских података и броја корисника. У том случају алгоритам мапирања РДФ тројки на дистрибуиране чворове

треба да постигне балансирано складиштење података чиме би се омогућило ефикасно дистрибуирано извршавање упита за дохватањем сензорских читавања..

- Ефикасно извршавање просторно-временских семантичких упита је могуће остварити креирањем посебних дистрибуираних структура података, прилагођених за семантичке сензорске податке.
- Ефикасно претраживање и индексирање сензорских читавања у реалном-времену као и оних измерених у прошлости, могуће је остварити посебним мапирањем серија сензорских података, што имплицира потребу да се врши адекватно управљање чувања сензорских података из прошлости у оперативној меморији.

4. Научне методе истраживања

У почетној фази истраживања биће извршен детаљан преглед постојећих решења из отворене литературе за интеграцију сензорских мрежа, која обухватају решења са коришћењем семантичких технологија као и оне без њих. Систематична класификација ће идентификовати кључне пројектантске приступе и биће анализирани добре и лоше стране сваког приступа, како би се одабрао оптималан приступ и поставиле хипотезе којима ће бити реализована жељена архитектура.

У следећој фази истраживања примењиваће се следеће методе:

- Анализа карактеристика дистрибуираних складишта података и решења за манипулацију семантичких података представљених преко РДФ тројки у циљу њихових прилагођавања и коришћења у основи архитектуре за интеграцију сензорских мрежа.
- Имплементација прототипа система за семантичку интеграцију сензорских мрежа, који се ослања на дистрибуирана складишта података и у себи укључује оригиналне алгоритме мапирања семантичких сензорских података, смештања серија сензорских читавања, као и структуре података за просторно-временске упите.
- Анализа перформанси имплементираних система поређењем са постојећим решењима у статичком и динамичком окружењу. Динамичко окружење је заправо симулирано окружење специфичних карактеристика семантичких сензорских мрежа, које треба да на што реалнији начин тестира реализовану архитектуру.

5. Очекивани научни допринос

Предвиђено је да ће у склопу дисертације бити развијен систем за семантичку интеграцију сензорских мрежа који ће омогућити ефикасно индексирање и проналажење жељених сензорских читавања како у реалном времену, тако и оних из прошлости. Приступ сензорским подацима из прошлости омогућује се примена метода проналажења скривеног знања, односно интелигентно закључивање на основу огромне количине података из реалног света. Прототип система ће бити пројектован имајући у виду критичне захтеве за ову примену, а то су скалабилност и перформансе. У оквиру реализације докторске дисертације очекују се следећи доприноси:

- Систематизација и класификација постојећих система намењених за интеграцију сензорских мрежа. Анализа ће обухватати кључне пројектантске изазове и решења из перспективе домена сензорских мрежа, дистрибуираних система, семантичких веб технологија, информационих модела и корисничких апликација.

- Креирање архитектуре система за семантичку интеграцију сензорских мрежа на бази дистрибуције и индексирање семантичких сензорских података, представљених у форми РДФ тројки, ослањајући се на јавно доступне дистрибуиране системе за складиштење података.
- Алгоритам смештања серија сензорских података и технике кеширања сензорских читавања из прошлости у РАМ меморију ради оптималног коришћења меморије за извршавање корисничких упита.
- Алгоритам за дистрибуирање просторно-временских мета-података, односно за креирање одговарајућих дистрибуираних структура које ће бити коришћене за извршавање просторно-временских семантичких упита над сензорским подацима.

Подразумева се да кључна примена резултата истраживања буде у области интегрисаних семантичких сензорских мрежа, што је типично окружење у којем се генеришу огромне количине семантичких података. Такође, резултати истраживања могу бити искоришћени и у другим применама где се обрађују велике количине података, као што су друштвене мреже, апликације за анализу медицинских података, сервиси за приступ садржајима дигитализоване културне баштине итд. Заједничке карактеристике тих апликација су захтеви за скалабилношћу и ефикасном манипулацијом семантичких података.

6. План истраживања и структура рада

Планирано је да се истраживање спроведе у четири фазе:

- Прва фаза обухвата анализу постојећих архитектура за интеграцију сензорских мрежа, која треба да идентификује добре и лоше особине постојећих истраживачких приступа. Такође, биће анализирана постојећа решења и архитектуре за манипулацију РДФ тројки као и дистрибуирана складишта података у циљу њиховог потенцијалног прилагођавања или коришћења у циљној архитектури.
- Друга фаза предвиђа детаљно постављање хипотеза на основу којих се жели реализовати архитектура за интеграцију семантичких сензорских мрежа, имајући у виду резултате анализе претходне фазе, односно специфичности решења које ће циљна архитектура користити у неком сегменту.
- Трећа фаза предвиђа реализацију прототипа целог система што обухвата имплементацију кључних алгоритама за мапирање и дистрибуцију семантичких сензорских података, односно структура за индексирање и претраживање и стратегија чувања података у оперативној меморији.
- Четврта фаза предвиђа мерење перформанси, анализу добијених резултата и поређење резултата са постојећим решењима и на крају доношење закључка. Анализа ће укључити поређење у статичком и динамичком окружењу. За статички режим рада биће коришћени стандардни сензорски скупови података. Динамичко окружење ће бити симулирано са конфигурабилним бројем хетерогених сензорских извора у различитим режимима читавања вредности, као и путем конфигурабилног броја корисника који издају типичне упите за дохватање сензорских података. Посебно ће бити анализирани случајеви извршавања просторно-временских упита над сензорским подацима.

Ако резултати и закључци четврте фазе буду указивали да почетне хипотезе нису оправдане, биће поновљене друга, трећа и четврта фаза са коригованим хипотезама.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија констатује да кандидат Зоран Бабовић испуњава потребне услове да може приступити изради докторске дисертације, под радним насловом „Семантичка интеграција сензорских мрежа“.

Ужа научна област предложене теме је рачунарска техника и информатика. За ментора се предлаже проф. др Вељко Милутиновић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

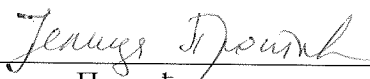
Стога комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри Зорану Бабовићу израду докторске дисертације под горе наведеним насловом под руководством ментора проф. др Вељка Милутиновића.

У Београду, 29.05.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



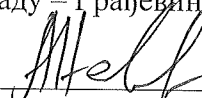
др Вељко Милутиновић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Јелица Протић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милош Ковачевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Грађевински факултет



др Александар Нешковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет