

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију</p> <p><b>29.05.2014. Наставно-научно веће Факултета техничких наука</b></p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• др Силвиа Гилезан, редовни професор, УНО математика, 24.02.2005, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду (ПРЕДСЕДНИК)</li> <li>• др Вељко Милутиновић, редовни професор, УНО рачунарска техника и информатика, 02.12.1997, Електротехнички факултет Универзитета у Београду (ЧЛАН)</li> <li>• Luigi Liquori, Ph. D., Research Director, УНО рачунарство, 06.07.2007, Француски национални институт за истраживања из области информатике и аутоматике (French National Institute for Research in Computer Science and Control - INRIA Sophia Antipolis Méditerranée) (ЧЛАН)</li> <li>• др Мирослав Поповић, редовни професор, УНО рачунарска техника и рачунарске комуникације, 17.07.2002, Факултет техничких наука Универзитета у Нови Саду,</li> <li>• др Зоран Огњановић, научни саветник, УНО математика, 19.11.2008, Математички институт САНУ, Београд (МЕНТОР)</li> </ul>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Бојан, Божидар, Маринковић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>11.01.1980. Савски Венац, Београд, Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Математички факултет Универзитета у Београду, Рачунарство и информатика, Дипломирани математичар – мастер</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2008, Математика у техници</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -----</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -----</p>

**III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:  
III TITLE OF THE DOCTORAL DISSERTATION:**

**ПОВЕЗИВАЊЕ ХЕТЕРОГЕНИХ ПРЕКРИВАЈУЋИХ МРЕЖА: ДЕФИНИЦИЈА,  
ФОРМАЛИЗАЦИЈА И ПРИМЕНЕ**

**INTERCONNECTION OF HETEROGENEOUS OVERLAY NETWORKS: DEFINITION,  
FORMALIZATION AND APPLICATIONS**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:  
IV OVERVIEW OF THE DOCTORAL DISSERTATION:**

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графика и сл.

Докторска дисертација је написана на 153 стране, на енглеском језику. Садржи шест поглавља, у следећем редоследу:

1. Introduction / Увод
2. Background / Основе
3. Proof of the Correctness of the Chord Protocol / Доказ коректности *Chord* протокола
4. Synapse Protocol / Протокол Синапса
5. Distributed Catalog of Serbian Digitized Cultural Collections / Дистрибуирани каталог дигитализованих колекција у Србији
6. Conclusions and Further Work / Закључци и даљи рад

Дисертација садржи 9 табела, 5 слика, 16 графика и 1 прилог. Списак коришћене литературе садржи 84 јединица, које су наведене у складу са важећим правилима за цитирање. Поред наведеног, дисертација садржи кључне документацијске информације на српском и енглеском језику, захвалницу, списак слика и табела, као и апстракт на српском и енглеском језику.

.....  
Provide a brief overview of the content of the doctoral dissertation, indicating the number of pages, chapters, figures, schematics, graphs, etc.

The doctoral dissertation contains 153 pages, and is written in the English language. It is made up of six chapters, in the order presented above. It contains 9 tables, 5 pictures, 16 graphics and 1 appendix. The bibliography contains 84 references, all stated in accordance with the current referencing standards. Additionally, the dissertation contains key words documentation in Serbian and in English, acknowledgments, the list of figures and tables, as well as an abstract in Serbian and in English.

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:  
V EVALUATION OF THE INDIVIDUAL PARTS OF THE DOCTORAL DISSERTATION:**

Наслов предложене докторске дисертације формулисан је јасно и прецизно, одражава тему и садржај истраживања.

У оквиру првог поглавља (Introduction) представљен је контекст у којем се одвијало истраживање везано за докторску дисертацију, као и кратак преглед основних области које она дотиче – протокола за реализацију *P2P* (eng. peer-to-peer) и прекривајућих мрежа и дистрибуираних хеш табела. У овом поглављу изложена је мотивација за формалну верификацију коректности ових протокола, могућа корист од повезивања хетерогених

мрежа реализованим овим протоколима, као и предности њиховог коришћења у области дигитализације културне и научне баштине. Дат је кратак опис оригиналних доприноса дисертације, као и структуре саме дисертације.

Друго поглавље (Background) садржи осврт на већ познате резултате који ће послужити као основа за даља истраживања у тези. Дат је преглед протокола за дистрибуиране хеш табеле *Chord*, основе машина апстрактних стања, као и преглед тренутне праксе у области дигитализације културне и научне баштине, како у Србији, тако и у свету.

**У овим поглављима, кандидат представља циљеве и контекст истраживања. Изнети материјал је представљен јасно и концизно. Кроз висок ниво читљивости текста, као и на основу одабира коришћеног језика и изложених примера, уочљиво је да је кандидат обротно посебно пажњу на педагошки аспект увода.**

У трећем поглављу (Proof of the Correctness of the Chord Protocol) дат је доказ коректности *Chord* протокола коришћењем машина апстрактних стања. Прво је приказан доказ на вишем нивоу апстракције, а затим је уведена темпорална логика са временским током изоморфним са  $\omega^2$ , помоћу које је изведен врло детаљан доказ коректности *Chord* протокола на нижем нивоу апстракције.

**Доказ коректности *Chord* протокола представљен је јасно. По први пут у литератури се поред доказа структурне коректности *Chord* протокола даје и доказ коректности механизма за манипулацију кључевима. Технички детаљи у вези са самом формализацијом су сведени на умерен ниво и не отежавају читање. Сви значајни појмови и докази су адекватно обрађени, а презентација добијених резултата је јасна. Добијени докази су модуларни и могу се прилагодити за друге, сличне, протоколе за дистрибуиране хеш табеле.**

У четвртном поглављу (Synapse Protocol) дат је опис протокола за повезивање хетерогених прекривајућих мрежа Синапса. Приказане су две његове верзије, када је могуће и када није могуће откривање механизма претраге основних прекривајућих мрежа. Дата је формална спецификација овог протокола помоћу машина апстрактних стања, као и процена вероватносног очекивања успешности претраге коришћењем овог протокола. Ови резултати су, затим, упоређени са резултатима одговарајућих симулација.

**У овом поглављу кандидат описује решење за повезивање хетерогених прекривајућих мрежа. Спецификација и реализација овог решења су веома прецизне. Докази битних тврђења су јасни, детаљни и веома читко написани, а добијени резултати тестова су у складу са изведеним теоријским очекивањем.**

Пето поглавље (Distributed Catalog of Serbian Digitized Cultural Collections) даје предлог два национална стандарда формата метаподатака за опис културне и научне баштине у Србији. Један се односи на покретна културна добра са свим специфичностима у односу на природу извора, а други на колекције. Дато је превођење у најчешће коришћене међународне стандарде. Након тога представљена је апликација заснована на *Chord* протоколу, за каталогизирање дигитализованих колекција у Србији.

**Препоруке формата метаподатака за опис културне и научне баштине и колекција у Србији дате су прецизно и јасно, са детаљном техничком спецификацијом, али без додатног оптерећивања читаоца. Опис апликације је јасан и у складу са начином представљања сличних техничких решења.**

У шестом поглављу је дата анализа остварених резултата и доприноса дисертације и наведени су будући правци и циљеви истраживања.

**Резултати добијени у дисертацији су актуелни, оригинални и квалитетни.**

На самом крају дисертације је наведена обимна литература (84 јединице) коришћена при изради дисертације, која показује висок ниво упознатости кандидата са историјским развојем и тренутним стањем у областима којима се дисертација бави.

.....  
**The title of the proposed doctoral dissertation is formulated clearly and precisely, reflecting the topic and the content of the research.**

In the first chapter (Introduction), the candidate lays out the context of the research pertaining to the doctoral dissertation, and presents the research fields to which the dissertation belongs – the protocols for peer-to-peer and overlay networks and distributed hash tables. The candidate expounds the motivation for the formal verification of the correctness of these protocols and possible benefit of interconnection of heterogeneous overlay networks based on these protocols, as well as the possible advantage of usage of these protocols in the field of the digitization of cultural and scientific heritage. A brief description of the original contributions of the dissertation is given, followed by the list of the relevant publications of the candidate and a description of the structure of the dissertation.

The second chapter (Background) contains overview of well known results that will be used as a foundation for the further research in this dissertation. The protocol Chord for distributed hash tables, the main definitions of the abstract state machines and a brief analysis of the current situation in the field of digitization of cultural and scientific heritage in Serbia and in the world is presented in here.

**In these chapters, the candidate presents the goals and context of the research. The relevant material is presented clearly and succinctly. The high level of the readability of the text, as well as the choice of terms used and the examples provided indicate that the candidate has given particular thought to the pedagogical aspect of the introduction.**

In the third chapter (Proof of the Correctness of the Chord Protocol) the candidate presents the proof of the correctness of the Chord protocol using the formalism of Abstract State Machines. At the beginning, a high level proof is provided, and then after the introduction of the temporal logic with the time flow isomorphic to  $\omega^2$ , a very detailed low level proof the correctness of the Chord protocol is presented.

**The proof of the correctness of the Chord protocol is presented clearly. For the first time, beside the proof of the structural correctness of the Chord protocol, the proof of the correctness of key handling mechanism is given. The technical details related to the formalization itself have been reduced to a moderate level, and do not make the reading difficult. All of the significant concepts and proofs have been adequately processed, and the presentation of the obtained results is clear. The proofs are modular and can be adapted for other, similar protocols for distributed hash tables.**

The fourth chapter (Synapse protocol) gives an introduction to the protocol for interconnecting heterogeneous overlay networks – Synapse. Two versions of this protocol are proposed for the situations where it is possible or it is not possible to expose the search mechanism of the connected overlay networks. The formal specification using the formalism of Abstract State Machines and the estimation of the probabilistic expectation of the search success is presented. Then, these results are compared with the results of related simulations.

**In this chapter, the candidate introduces the solution for connecting the heterogeneous networks. The formal specification and realization of this solution are very precise. The proofs of the important claims are clear, detailed, and highly readable, and the derived results of the simulations are in accordance with the derived theoretical expectations.**

In the fifth chapter (Distributed Catalog of Serbian Digitized Cultural Collections), the candidate presents two recommendations for the national standards of metadata for describing cultural and

scientific heritage. One of them addresses movable cultural heritage with all specific requests based on the origin of the data, and the other address the collection description. The mapping to the most used international standards in given. At the end the application for cataloging digitized collections in Serbia, based on the Chord protocol is presented.

**The recommendations for the standards for describing the cultural and scientific heritage in Serbia are precise and clear, with the detailed technical specification, but are not hard for reading. The description of the application is clear and in accordance with the usual way of presentating similar technical solutions.**

In the sixth, concluding chapter, the candidate gives an analysis of the achieved results and contributions of the dissertation, as well as an outline of further research directions and goals.

**The results presented in the dissertation are current, original, and of high quality.**

**At the very end of the dissertation stands a comprehensive bibliography (84 units) used in the making of the dissertation, indicating a high level of competence of the candidate when it comes to the historical development and the current state in the fields of interest for the dissertation.**

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

**VI LIST OF SCIENTIFIC AND EXPERT PAPERS, PUBLISHED OR ACCEPTED FOR PUBLICATION, BASED ON THE RESULTS OF THE RESEARCH CARRIED OUT DURING THE CANDIDATE'S WORK ON THE DOCTORAL DISSERTATION**

1. **B. Marinković, Z. Ognjanović, D. Doder and A. Perović. A Propositional Linear Time Logic with Time Flow Isomorphic to  $\omega^2$ . In Journal of Applied Logic, 12 (2), p. 208--229, 2014. (M23)**
2. **B. Marinković, V. Ciancaglini, Z. Ognjanović, P. Glavan, L. Liquori and P. Maksimović. Analyzing the Exhaustiveness of the Synapse Protocol. In Peer-to-Peer Networking and Applications, DOI: 10.1007/s12083-014-0293-z, 2014. (M23)**
3. **Z. Ognjanović, T. Butigan Vučaj and B. Marinković. NCD Recommendation for the National Standard for Describing Digitized Heritage in Serbia. In Metadata and Semantics, Edited by: Sicilia, Miguel-Angel; Lytras, Miltiadis D, Springer, pages 45--54, 2009. (M33)**
4. **L. Liquori, C. Tedeschi, L. Vanni, F. Bongiovanni, V. Ciancaglini and B. Marinković. Synapse: A Scalable Protocol for Interconnecting Heterogeneous Overlay Networks. In Networking 2010, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6091 (p. 410), pages 67--82, 2010. (M33)**
5. **B. Marinković, L. Liquori, V. Ciancaglini and Z. Ognjanović. A Distributed Catalog for Digitized Cultural Heritage. In ICT Innovations 2010, CCIS 83 (p. 378), Edited by: Gusev, Marjan; Mitrevski, Pece, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pages 176--186, 2011. (M33)**
6. **B. Marinković, Z. Ognjanović and T. Butigan Vučaj. A Distributed Implementation of a Catalog of Digitized Cultural Collections. In Review of the National Center for Digitization, Issue 21, pages 19--24, 2012. (M33)**

**VII ZAKЉUČICI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**  
**VII CONCLUSIONS, I.E. RESULTS OF THE RESEARCH**

Основни резултати истраживања приказани у докторској дисертацији су:

- 1) Доказана коректност *Chord* протокола коришћењем машина апстрактних стања. Представљени су докази на два нивоа апстракције. Прво је приказан доказ на вишем нивоу, након чега је уведена темпорална логика са временским током изоморфним са  $\omega^2$ , помоћу које је изведен доказ коректности *Chord* протокола на нижем нивоу апстракције.
- 2) Дато је формална спецификација протокола Синапса помоћу машина апстрактних стања. Изведена је процена вероватносног очекивања успешности претраге коришћењем овог протокола. Ови резултати су, затим, упоређени са резултатима одговарајућих симулација који су били у складу са добијеним теоријским очекивањем.
- 3) Представљена су два стандарда формата метаподатака за опис културне и научне баштине у Србији. Један, који се односи на покретна културна добра са свим специфичностима у односу на природу извора, а други на колекције. Дато је превођење у најчешће коришћене међународне стандарде, након чега је представљена апликација Дистрибуирани каталог дигитализованих колекција у Србији, која је заснована на *Chord* протоколу.

.....  
The main results of the research that have been presented in the doctoral dissertation are:

- 1) The correctness of the Chord protocol using the formalism of Abstract State Machines is proved. The proofs are given at two levels of abstraction. At the beginning, the high level proof is provided, and then after the introduction of the temporal logic with the time flow isomorphic to  $\omega^2$ , the low level proof of the correctness of the Chord protocol is presented.
- 2) The formal specification of the Synapse protocol using the formalism of Abstract State Machines is given. The estimation of the probabilistic expectation of the search success is determined. It is shown that these results are in accordance with the derived theoretical expectations.
- 3) Two recommendations for the national standards of metadata for describing cultural and scientific heritage are presented. One of them addresses movable cultural heritage with the all specific requests based on the origin of the data, and the other addresses the description of the collections. The mapping to the most used international standards is given. At the end, the application Distributed catalog for digitized collections in Serbia, based on the Chord protocol is presented.

**VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**  
**VIII EVALUATION OF THE PRESENTATION AND INTERPRETATION OF THE RESEARCH RESULTS**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

**Кандидат је у целости обавио истраживања предвиђена планом датим у пријави теме докторске дисертације. Материјал приказан у дисертацији је изложен на адекватан, јасан и разумљив начин. На основу увида у коришћену литературу, јасно је да је кандидат пришао истраживању познавајући шире теоријске аспекте проблема, као и да је упознат са научним ставовима у области истраживања. Добијени резултати су квалитетно упоређени са резултатима других аутора и изведени су одговарајући закључци.**

**Комисија констатује да је кандидат адекватно тумачио добијене резултате и да начин приказа у потпуности одговара карактеру спроведеног истраживања.**

.....  
Explicitly give a positive or negative evaluation of the presentation and interpretation of the research results.

**The candidate has fully accomplished the research foreseen by the plan given in the submission of the topic of the dissertation. The material presented in the dissertation has been laid out in a suitable, clear and understandable manner. Based on the referenced literature, it is clear that the candidate has approached the research fully aware of the wider theoretical aspects of the problems in question, and that he is familiar with the scientific positions in the addressed fields of research. The obtained results have been compared with the results obtained from other authors and adequate conclusions have been reached.**

**This committee concludes that the candidate has interpreted the obtained results appropriately and that the presentation of the research results is in full accordance with the nature of the undertaken research.**

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**  
**IX FINAL EVALUATION OF THE DOCTORAL DISSERTATION**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?  
**Докторска дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?  
**Дисертација садржи све битне елементе. Дат је приказ претходних резултата на које се дисертација ослања, детаљан преглед добијених нових резултата, као и исцрпан списак релевантних референци, који сведоче да је кандидат одлично упознат са облашћу истраживања. Дисертација је прегледна и добро организована.**
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?  
**Дисертација садржи више оригиналних научна доприноса из области теоријског рачунарства, као и решење једног проблема из реалног живота. Дат је доказ коректности *Chord* протокола коришћењем машина апстрактних стања. Презентована**

је темпорална логика са временским током изоморфним са  $\omega^2$  помоћу које је реализован доказ коректности *Chord* протокола коришћењем машина апстрактних стања на nižем ниво апстракције. Дата је формална спецификација протокола за повезивање хетерогених прекривајућих мрежа Синапса помоћу машина апстрактних стања и изведена је процена вероватносног очекивања успешности претраге коришћењем овог протокола. Представљена су два стандарда формата метаподатака за опис културне и научне баштине у Србији и представљена је апликација Дистрибуирани каталог дигитализованих колекција у Србији, заснована на *Chord* протоколу. Такође, резултати приказани у овој дисертацији су објављени у престижним међународним научним часописима и представљени на међународним скуповима, чиме се додатно потврђује да ова докторска дисертација представља оригинални допринос науци.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.

**Дисертација нема недостатака.**

.....

Explicitly state whether or not the dissertation is written in accordance with the provided elaboration, as well as whether or not it contains all of the relevant elements. Provide clear, precise, and concise answers to questions 3 and 4:

1. Is the dissertation written in accordance with the elaboration stated in the submission of the topic of the dissertation?

**The doctoral dissertation is, in its entirety, written in accordance with the elaboration stated in the submission of the topic of the dissertation.**

2. Does the dissertation contain all of the relevant elements?

**The dissertation contains all of the relevant elements. The provided summary of previous results on which the dissertation rests on, the detailed overview of the newly obtained results, as well as the comprehensive listing of relevant literature all bear witness to the fact that the candidate has a high level of mastery in the research field in question. The dissertation is clearly written and is well-organized.**

3. In what way does the dissertation constitute an original contribution to science?

**The dissertation contains several original scientific contributions to the theoretical computer science, and presents a solution of one problem from real life. The correctness of the Chord protocol using the formalism of Abstract State Machines is proved. The temporal logic with the time flow isomorphic to  $\omega^2$  is introduced and the low level proof the correctness of the Chord protocol is realized using it. The formal specification of the Synapse protocol for connecting heterogeneous overlay networks is given and the estimation of the probabilistic expectation of the search success is derived. Two recommendations for the national standards of metadata for describing cultural and scientific heritage are presented. At the end the application Distributed catalog for digitized collections in Serbia, based on the Chord protocol is presented. Furthermore, the results presented in this dissertation have been published in prestigious international scientific journals and presented at international conferences and workshops, additionally lending credence to the fact that this doctoral dissertation represents an original contribution to science.**

4. The shortcomings of the dissertation and their influence on the results of the research.

**The dissertation does not have shortcomings.**



X ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ:  
X SUGGESTION OF THE COMMITTEE:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација кандидата Бојана Маринковића, под називом *Повезивање хетерогених прекривајућих мрежа: дефиниција, формализација и примене*, прихвати, а кандидату одобри одбрана.

Based on the overall evaluation of the dissertation, this committee suggests that the doctoral dissertation of the candidate Bojan Marinković, entitled *Interconnection of heterogeneous overlay networks: definition, formalization and applications*, be accepted, and the candidate be granted the right to defend it.

---

др Силвиа Гилезан, редовни професор, председник

---

др Вељко Милутиновић, редовни професор, члан

---

Luigi Liquori, Ph. D, Research Director, члан

---

др Миодраг Поповић, редовни професор, члан

---

др Зоран Огњановић, научни саветник, ментор