

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”
Професионално направление: 5.3. Комуникационна и компютърна техника
Научна специалност: „Компютърни системи, комплекси и мрежи“

Автор на дисертационния труд: **маг. Давид Руменов Давидков**

Тема на дисертационния труд: **„Изследване и моделиране на канали в безжични мрежи, ориентирани около тялото на човек“**

Рецензент: **доц. д-р Фатима Исмаил Сапунджи**

Научен ръководител на докторанта: **доц. д-р инж. Габриела Лъчезарова Атанасова**

Настоящата рецензия е изготвена в качеството ми на член на научно жури, назначено със Заповед № 2430/17.11.2023 г. на Ректора на Югозападен университет „Неофит Рилски“, гр. Благоевград.

1. Кратки биографични данни

Докторантът Давид Руменов Давидков е завършил висшето си образование в ЮЗУ „Неофит Рилски“, гр. Благоевград, като придобива ОКС бакалавър по „Информатика“ през 2006г. Получава ОКС магистър по „Финанси“ през 2009г., а през 2019г. - допълнителна педагогическа квалификация „Учител по информатика“. От 2006г. до момента той работи като специалист „Компютърни мрежи и системи“ към отдела Информационни технологии, ЮЗУ „Неофит Рилски“. От края на 2018г. е зачислен като редовен докторант към катедра „Комуникационна и компютърна техника и технологии“ към Технически факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“ и е хоноруван асистент към катедрата. Давид Давидков води упражнения по дисциплините „Сензори и Сензорни мрежи“, „Електромагнитна съвместимост на безжични устройства“, „Мрежова инфраструктура и софтуерни приложения за интелигентни градове“, „Безжични мрежи от пето и шесто поколение“, „Мрежи от следващо поколение“, „Безжични технологии“.

Докторантът е участвал в проекти като Национална научна програма “Информационни и комуникационни технологии за единен цифров пазар в науката, образованието и сигурността”, „Антенни структури за нови източници на хрананване в безжични мрежи от следващо поколение“, „Студентски практики“ и мобилности по програма Erasmus+.

Научните интереси на докторанта са главно в областта на Безжичните технологии.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

В днешно време безжичните мрежи и интернет свързаност между устройствата (Internet of Things - IoT) се разрастват много бързо. Безжичните технологии позволяват на устройствата да комуникират без необходимостта от физически кабели, което прави интеграцията по-лесна и удобна. Използването на стандарти като Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee и други прави възможно интегрирането на различни устройства свързани към обща мрежа. Този обмен на данни и комуникацията помежду им създават условия за иновации в областта на умните устройства, автоматизацията и управлението на различни системи. Това води до увеличаване на използването

на носима електроника и обличеми устройства, които включват различни сензори, събиращи и предаващи данни за околната среда и физиологичните показатели на човека.

Безжичните мрежи ориентирани около тялото на човек са комуникационни системи, които позволяват обмен на информация между обличаеми, имплантирани и/или външни устройства. Такива мрежи често се използват в сфери като носима електроника, здравеопазване, спорт и фитнес, медицински сензори и други устройства, които са близо до или в контакт с човешкото тяло. Изследването на радиоканалите в контекста на безжичните мрежи, ориентирани около тялото на човек, е изключително сложно поради разнообразието от фактори, които влияят върху радиосигналите при този тип приложения.

В бъдеще, се очаква носимата електроника и IoT устройствата да продължи да се развива, като те стават все по интегрирани и неотделими части от ежедневието ни живот.

Представеният за рецензия дисертационен труд се фокусира върху разработването на нови методи и алгоритми за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек.

3. Степен на познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Авторът на дисертацията е използвал значим брой печатни и електронни източници -116, като голям процент от тях са публикувани през последните 10 години. Библиографската справка и литературни източници, анализирани и използвани в изграждането на методиката на дисертацията, показват високата степен на информираност, задълбочено познаване на актуалното състояние на поставения проблем и творческа интерпретация на източниците по темата, в резултат на което точно и ясно са формулирани целите и задачите на дисертацията.

4. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

В представеният за разглеждане дисертационен труд авторът си е поставил за цел да се разработят нови методи и алгоритми за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Задачите, които се решават за постигането на целта са: (1) анализ на съществуващите методи за характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек; (2) предлага се подход за подобряване на характеризирането на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек при прилагане на съществуващи методи за изследване; и (3) предлага се методология и разработване на алгоритъм за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали включително и за влиянието на антените върху параметрите на канала.

Считам, че предложената от докторанта методика за изследване, поставените цел и задачи съответстват на темата на дисертационния труд и на постигнатите резултати и приноси, като отчитат сложността на разглеждания проблем.

5. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Структурата на дисертационния труд е изградена логически, налице е последователност и обвързаност между отделните глави. Дисертационният труд е изложен в 127 страници, от които увод, 3 глави, заключение, справка за приносите, списък с използвана литература -116 и публикации по научния труд. Включени са 56 фигури и 9 таблици. Дисертацията съдържа списък на използваните съкращения, което улеснява читателя.

В **първа глава** е направен анализ на изследвания проблем. Прецизно са формулирани целите и задачите на дисертационния труд. Подробно са разгледани безжичните технологии приложими за изграждане на безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Проучени и анализирани са основните видове радиоканали в зависимост от разположението на възлите в/върху или около човешкото тяло, и тези формиранни при съвместната работа между две и повече безжични мрежи ориентирани около тялото на човек съгласно стандарт IEEE 802.15.6 и ETSI TR 103 394.

Във **втора глава** е предложен нов подход и постановка за изследване на загубите при разпространение в радиоканала, чрез който се подобрява характеризирането на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек чрез емпиричен метод. Предложеният подход може да се използва за изследване на параметрите и характеристиките на различни обличаеми антени, като позволи съпоставимост между тях. Представени са резултати от проведени изследвания потвърждаващи ефективността на предложената техника.

В **трета глава** е предложен нов метод за комплексно характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек, отчитащ влиянието на всеки от елементите на канала. Представена е постановка за провеждане на симулационни и експериментални изследвания, както и алгоритъм на методологията на провеждане на измерванията. Представени са резултати от експериментални изследвания, с които е апробиран новопредложения метод.

Изключително приятно впечатление прави прецизното написване и оформяне на дисертационния труд. Изводите и приносите, представени в края на всяка глава, дават възможност да се проследи постигнатото от докторанта по поставените за решаване задачи коректно и отразяват получените резултати. От техническа гледна точка, като стил на изложение, формулиране на целите, задачите и резултатите дисертационния труд заслужава висока оценка.

6. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд и в автореферата са формулирани прецизно и убедително. Те могат да бъдат систематизирани като научни, научно-приложни и приложни, както следва:

Научни приноси: Предложен е нов метод за комплексно характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек, отчитащ влиянието на всеки от елементите на радиоканала.

Научно-приложни приноси: (1) Предложен е нов подход за изследване на загубите при разпространение в радиоканала, чрез който се подобрява характеризирането на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек при прилагане на емпиричния метод. (2) На основата на предложения метод за комплексно характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек е разработен алгоритъм на методологията на провеждане на измервания.

Приложни приноси

- 1) Предложена и разработена е постановка за изследване на загубите при разпространение в статични и динамични off-body радиоканали чрез емпиричния метод, включително и при използването на различни обличаеми антени.
- 2) Разработена е постановка за провеждане на симулационни и експериментални изследвания на базата на предложения нов метод за комплексно характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек.

- 3) Новопредложения метод е апробиран посредством експериментални изследвания.
- 4) Оценено е влиянието на обличаемите антени като елемент на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек, като е установено, че ефективността на излъчване, диаграмата на насочено действие и поляризацията на обличаемата антена играят съществена роля при определянето на характеристиките на off-body радиоканала
- 5) Оценено е влиянието на човешкото тяло като елемент на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек и е установено, че то има значителен ефект върху загубите при разпространение.

Безспорно изследванията на докторанта до голяма степен са предопределени от опита и постиженията на научния му ръководител доц. Габриела Атанасова, която има сериозни успехи в тази област.

Считам, че посочените приноси правилно отразяват постигнатото от докторанта в процеса на провеждане на изследванията, обогатяват съществуващите знания в областта и имат приложен характер.

7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Представените материали по дисертационния труд, компетентно обосновават изводи и научните публикации на маг. Давид Давидков са доказателство за личното участие на автора в научно-приложните приноси в дисертационния труд.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Получените от автора резултати от дисертационното изследване са публикувани в 4 научни стаии. Три от публикациите са докладвани на международни научни конференции, проведени в България и са публикувани в сборниците с доклади от конференциите. Две от публикациите са самостоятелни, а в останлите Давид Давидков е водещ автор. Една от публикациите е публикувана в издание, реферирано и индексирано от международните бази данни Scopus/ Web of Science. Публикациите са по тематиката на дисертационния труд, отразяват основните постигнати резултати и са достатъчно разпространени в научната литература. Представената Справка за изпълнение на минималните национални изисквания за получаване на образователна и научна степен „доктор“, показват, че изискването по показател А е изпълнено, а по показател Г сумарната стойност на точките двукратно надвишава минималните изисквания.

9. Оценка на автореферата на дисертацията.

Авторефератът към дисертационния труд е в обем от 32 страници, съответства на съдържанието на дисертацията и представлява съкратен вариант на нейната същност. Авторефератът е подготвен и оформен съгласно изискванията за неговото изготвяне и отразява коректно научните постижения в дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Нямам съществени забележки към структурата и цялостното оформяне на дисертационния труд. Препоръчвам на маг. Давид Давидков да продължи работата си в избраната научна област, която е изключително актуална и перспективна, както и да повиши популяризирането на своите изследвания в индексирани списания.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд.

В резултат на представените публикации и приноси в дисертационния труд считам, че той съответства на изискванията на „Закона за развитие на академичния състав в Република България”, Правилника за неговото приложение и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ЮЗУ „Неофит Рилски“. Давам **положителна оценка** на дисертационния труд и предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на **маг. Давид Давидков** образователната и научна степен **„доктор”** по професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, научна специалност „Компютърни системи, комплекси и мрежи“.

27.11.2023 г.

Благоевград

Рецензент:

/доц. д-р Фатима Сапунджи/

REVIEW

on doctoral thesis for awarding of an educational and scientific degree "Doctor"

Professional field: 5.3 Communication and Computer Engineering

Scientific specialty: Computer Systems Complexes and Networks

Author of the dissertation: **David Rumenov Davidkov, M.Sc.**

Dissertation topic: **Research and Modeling of Channels in Wireless Body Area Networks,**

Reviewer: **Assoc. Prof. Fatima Sapundzhi, PhD**

The review was prepared in my capacity as a member of a scientific jury appointed by Order No. 2430/17.11.2023 of the Rector of South-West University "Neofit Rilski".

1. Brief biographical information

The PhD candidate completed his higher education at South-West University "Neofit Rilski", Blagoevgrad – Bachelor's degree in Informatics (Graduated 2006), Master's degree in "Finance" (Graduated 2008), Professional qualification: Teacher in Informatics (Graduated 2019). Since 2006 until now, he has worked as a "Computer Networks and Systems" specialist at the Department of Information Technologies, SWU "Neofit Rilski". Since the end of 2018, he has been enrolled as a full-time doctoral student at the Department of "Communication and Computer Engineering" at the Faculty of Engineering, SWU, and is a part-time assistant at the department. Daviv Davidkov leads exercises on the disciplines "Sensors and Sensor Networks", "Electromagnetic Compatibility of Wireless Devices", "Network Infrastructure and Software Applications for Smart Cities", "Fifth and Sixth Generation Wireless Networks", "Next Generation Networks", "Wireless Technologies".

The PhD student participated in projects such as the National Scientific Program "Information and Communication Technologies for a Single Digital Market in Science, Education, and Security" (ICTinSES)", "Antenna structures for new energy sources in next-generation wireless networks" and Erasmus+ Mobility.

The scientific interests of the PhD student are mainly in the field of Wireless Technologies.

2. Relevance of the problem and the specific tasks developed in the doctoral thesis.

Nowadays, wireless networks and internet connectivity between devices (Internet of Things-IoT) are growing very fast. Wireless technologies allow devices to communicate without the need for physical cables, making integration easier and more convenient. The use of standards such as Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, and others makes it possible to integrate different devices connected to a common network. This exchange of data and communication between them creates conditions for innovation in the field of smart devices, automation, and control of various systems. This leads to an increase in the use of wearable electronics and wearable devices that include various sensors that collect and transmit data about the environment and human physiological indicators. Body-Oriented Wireless Networks are communication systems that enable the exchange of information between wearable, implanted and/or external devices. The study of radio channels in the context

of wireless networks oriented around the human body is extremely complex due to the variety of factors that affect the radio signals in this type of application.

In the future, it is expected that wearable electronics and IoT devices will continue to develop intensively and will be increasingly integrated into our daily lives.

The dissertation submitted for review focuses on the development of new methods and algorithms for the complex investigation of narrowband external radio channels in wireless networks oriented around the human body.

3. Degree of topic knowledge and creative interpretation of the literary material.

The author of the dissertation used a significant number of references-116, with a large percentage of them published in the last 10 years. By analyzing and using the references in the dissertation methodology, the author demonstrates a high degree of awareness and understanding of the current state of the problem. Based on this, the dissertation goal and tasks for its achievement are correctly formulated.

4. Consistency of the selected research methodology with the dissertation goal and tasks.

The presented dissertation aims to develop new methods and algorithms for complex research of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body. According to me, the research methodology proposed by the PhD student, the objectives and tasks set, and the results and contributions achieved are in line with the topic of the dissertation work.

5. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.

The structure of the dissertation is logically built, and there is consistency and connection between the individual chapters. The dissertation work consists of 127 pages, of which an introduction, 3 chapters, a conclusion, a reference to the contributions, a list of used literature -116, and publications on the scientific work. 56 figures and 9 tables are included. The dissertation contains a list of abbreviations used, which makes it easier for the reader.

The first chapter analyzes the research problem. The goals and objectives of the dissertation work are precisely formulated. The wireless technologies applicable to the construction of wireless networks oriented around the body of a person are discussed in detail.

In the second chapter, a new approach and setup is proposed for the study of propagation losses in the radio channel. It improves the characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body by an empirical method. The results of conducted studies are presented, which confirm the effectiveness of the proposed technique.

In the third chapter, a new method is proposed for the complex characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body, taking into account the influence of each of the channel elements. An approach for conducting simulation and experimental studies is presented, as well as an algorithm for the methodology of conducting measurements. The results of experimental studies, which tested the new method, are presented.

A pleasant impression is made by the precise writing and design of the dissertation. The conclusions and contributions presented in the work of each chapter make it possible to trace the

results achieved by the doctoral student. From a technical point of view, such as presentation style, formulation of goals, tasks, and results, the dissertation receives a high rating.

6. Scientific and/or applied research contributions of the dissertation.

The contributions in the dissertation are formulated precisely and convincingly. They can be systematized as scientific, scientific-applied and applied as follows:

Scientific contribution: A new method for complex characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the body of a person is proposed, taking into account the influence of each of the elements of the radio channel.

Scientific-applied contributions: (1) A new approach to the study of propagation losses in the radio channel is proposed, which improves the characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body using the empirical method. (2) Based on the proposed method, an algorithm was developed for the methodology of conducting measurements.

Applied Contributions

- 1) Proposed and developed approach for the study of propagation losses in static and dynamic off-body radio channels using the empirical method, including the use of different wearable antennas;
- 2) A simulation and experimental setup were developed based on the proposed new method for the characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the body;
- 3) The newly proposed method has been tested through experimental studies.
- 4) Wearable antennas as an element of narrowband are evaluated off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body, and a significant role is played in determining the characteristics of off-body radio channels by the radiation efficiency, directional pattern, and polarization of wearable antennas.
- 5) A significant effect on propagation loss was found for narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body. The research in the dissertation is largely determined by the experience and achievements of the PhD supervisor Prof. Gabriela Atanasova, who has serious successes in this field.

I believe that the mentioned contributions correctly reflect the achievements of the PhD student in the process of conducting research, enrich the existing knowledge in the field and have an applied nature.

7. Evaluation of the degree of personal participation of the PhD candidate

The presented materials on the dissertation work, competently substantiated conclusions and scientific publications of David Davidkov are proof of the author's involvement in the scientific and applied contributions to the dissertation work.

8. Assessment of dissertation publications.

The results obtained by the author from the dissertation research were published in 4 scientific articles. Three of the publications were reported at international scientific conferences held in Bulgaria and were published in the proceedings of the conferences. Two of the publications are

independent, and in the others, David Davidkov is the lead author. One of the publications was published in an edition referenced and indexed by the international databases Scopus/Web of Science. The publications are on the subject of the dissertation work, reflect the main results achieved, and are sufficiently widespread in the scientific literature. The presented Certificate of fulfillment of the minimum national requirements for obtaining the educational and scientific degree "doctor", shows that the doctoral student has fulfilled all the requirements.

9. Evaluation of the thesis abstract.

The abstract for the dissertation is 32 pages long, corresponds to its content and represents a shortened version of its essence. The abstract is prepared and formatted according to the requirements for its preparation and correctly reflects the scientific achievements in the dissertation work.

10. Comments, recommendations, and remarks.

I have no significant remarks regarding the structure and overall design of the dissertation work. I recommend David Davidkov to continue his work in the chosen scientific field, which is very interesting, as well as to increase the presentation of his research in indexed journals.

11. Conclusion and dissertation assessment.

To conclude, I consider the dissertation work to have been designed by the requirements, has defined and confirmed practical contributions, and has reflected and popularized a sufficient number of scientific publications and appropriate international conferences, that reflect and popularize scientific contributions. My overall assessment of the dissertation work is positive. I propose to the Honorable Scientific Jury to award the educational and scientific PHD degree to M.Sc. David Rumenov Davidkov in professional direction 5.3. Communication and computer engineering in the scientific specialty "Computer Systems, Complexes and Networks".

27.11.2023

Blagoevgrad

Reviewer

/Assoc. Prof. Fatima Sapundzhi, PhD /