

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: **проф. д-р инж. Георги Любенов Илиев**

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

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение.

Мрежите ориентирани около тялото на човек са важна част от безжичната комуникация с малък обхват, чиято стандартизация е дефинирана в IEEE 802.15.6. Днес тези мрежи намират широко приложение в голямо разнообразие от области, като електронно здравеопазване, спорт, реклама, обучение, както и приложения свързани със спасителни или военни операции. Това води не само до увеличаване на броя на обличаемите устройства, но също и до увеличаване на видовете устройства, както и тяхната функционалност. В зависимост от местоположението на обличаемото устройство се различават четири канални модела: off-body, on-body in-body и body-to-body, като характеристиките на канала са повлияни от различните сценарии породени от различното приложение на тези мрежи, като и от средата.

За проектиране и реализиране на надеждни комуникационни системи, включително разработване на бъдещи комуникационни стандарти е необходим задълбочен анализ на параметрите и характеристиките на безжичните канали. Повечето от представените до момента изследвания поставят фокус върху статичните канали, където възелът е неподвижен и разпространението на електромагнитните вълни върху тялото до голяма степен е независимо от заобикалящата го среда. Разнообразието на области на приложения на безжичните мрежи ориентирани около тялото на човек създава мотивация за разработване на методи и алгоритми за характеризиране на динамични канали, които отчитат влиянието на динамиката на тялото върху загубите при разпространение, а също и влиянието на вида на използваните антени, тяхната поляризация и т.н.

В дисертационния труд са разгледани проектирането и разработването на методи и алгоритми за комплексно изследване на динамични off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек, отчитащи влиянието не само на диминната на тялото, но и на типа на използваните антени, тяхната поляризация и т.н. Всичко това определя актуалността на тематиката на представения дисертационен труд. Тази актуалност се потвърждава и от големия брой научни и практически разработки в тази област, публикувани през последните няколко години.

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

Докторантът демонстрира задълбочено познаване на проблемите в изследваната област. Разгледани са голям брой литературни източници и е направен критичен анализ на съществуващите до момента методи за изследване на радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Въз основа на това правилно са формулирани целта на дисертационния труд и задачите за нейното постигане. Позицията на автора и творческия му принос ясно са изразени в дисертационния труд и представените публикации.

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

Детайлният анализ на публикациите и изследванията в научната литература дава възможност ясно да се дефинират целта и задачите на дисертационния труд. Основната цел на дисертационния труд е да се разработят нови методи и алгоритми за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. За постигане на тази цел са формулирано три основни задачи, свързани с: 1) анализ на съществуващите до момента методи за характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек; 2) предлагане на подход за подобряване характеризирането на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек при прилагане на съществуващи методи за изследване и 3) предлагане на методология и разработване на алгоритъм за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали, включително и за влиянието на антените върху параметрите на канала.

Разработените методи и предложените подходи са изследвани чрез аналитични, емпирични и симулационни изследвания. Считаю, че предложената методология на изследване в дисертацията базирана на аналитични, статистически и симулационни подходи, както и използваните подходи и средства за анализ са адекватни на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

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

Дисертационният труд е в обем от 127 страници. Той съдържа 53 фигури и 9 таблици. В труда са цитирани 116 литературни източника на латиница, като от тях над 90% са от последните 10 години.

Трудът има три глави. В първа глава са разгледани безжичните технологии приложими за изграждане на безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Направено е проучване и анализ на видовете радиоканали в зависимост от разположението на възлите в/върху или около човешкото тяло, съгласно стандарт IEEE 802.15.6, както и тези формиранни при съвместна работа между две и повече безжични мрежи ориентирани около тялото на човек съгласно ETSI TR 103 394. Във втора глава е предложен и изследван подход за подобряване характеризирането на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Предложената постановка за изследване може да се използва за изследване на параметрите и характеристиките на

различни обличаеми антени, като позволи съпоставимост между тях. В трета глава е представен метод за комплексно характеризиране на off-body радиоканали, базиран на съчетаването на емпиричен и симулационен подход с отчитане влиянието на параметрите и характеристиките на антените при извършване на изследвания в затворено пространство при условия на многопътно разпространение на електромагнитните вълни.

Съдържанието на отделните глави е добре балансирано и е структурирано в раздели, които напълно отразяват описанието на предложените методи и алгоритми или анализа на проведените експериментални изследвания.

5. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд са свързани с разработването на методи и алгоритми за комплексно изследване на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек. Постигнатите резултати са с научно-приложен характер и могат да се обобщят както следва:

- Предложен е 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 при прилагане на емпиричния метод;
- Предложен е метод за комплексно характеризиране на теснолентови off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек, който при крайната оценка отчита влиянието на всеки един от елементи на канала.
- Разработен е алгоритъм на методологията на провеждане на изследванията на база на предложения подход. С използването на предложения подход и алгоритъм са оценени влиянието на обличаемите антени и влиянието на човешкото тяло като елементи на теснолентовите off-body радиоканали в безжични мрежи ориентирани около тялото на човек.

6. Оценка на степента на лично участие на дисертанта в приносите

Представените материали са достатъчно доказателство, че основните приноси и получените резултати са лично дело на дисертанта.

7. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд.

По темата на дисертационния труд са направени чети публикации, от които един доклад на национална конференция с международно участие и три доклада на национални научни конференции. Две от публикациите са самостоятелни, а в останалите докторантът е водещ автор. Публикациите отразяват съществени моменти от дисертационния труд. Смятам, че представените публикации са напълно достатъчни и отговарят на количествените и качествените показатели за присъждане на образователната и научна степен „доктор“. Не са представени данни за забелязани цитирания на публикациите на докторанта.

8. Оценка на автореферата на дисертацията.

Представеният автореферат отразява достъпно пълно основното съдържание на дисертационния труд.

9. Мнения, препоръки и бележки.

Нямам забележки по същността на дисертационния труд. Бих препоръчал на дисертанта да продължи работата си в избраната научна област, като положи усилия за още по-широкото разпространение и приложение на резултатите от научните изследвания в практиката

10. Заключение и оценка на дисертационния труд.

Въз основа на изложеното считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за неговото приложение и има необходимите качества, за да се присъди на неговия автор маг. Давид Руменов Давидков научната и образователна степен „доктор” в професионално направление 5.3. Комуникационна и компютърна техника по научна специалност „Компютърни системи комплекси и мрежи“.

28.11.2023 г.
София

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:
/проф. д-р инж. Георги Илиев/

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: **Prof. Eng. Georgi Lubenov Iliev, PhD**

Department of Communication Networks, Technical University of Sofia

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

Wireless body networks (WBANs) are part of short-range wireless communication. Today, WBANs find applications in different areas, such as e-health, sports, advertising, and education. WBANs are used in rescue or military operations. For this reason, there has been an increase in the number of wearables in the last few years. The types of wearable devices and their functionality also increase. Depending on the location of the wearable device on the human body, four models of wireless channels are distinguished: off-body, on-body, in-body, and body-to-body. The channel characteristics are influenced by the different scenarios generated by the various applications of WBANs and by the environment.

In order to design and implement reliable communication systems, including the development of future communication standards, a thorough analysis of the parameters and characteristics of wireless channels is required. Most of the presented research focuses on static channels, where the node is stationary, and the propagation of electromagnetic waves on the body is almost independent of surrounding objects. The variety of application areas of WBANs creates motivation to develop methods and algorithms for characterizing dynamic channels that take into account the influence of body dynamics on propagation losses, as well as the influence of the type of antennas used and their polarization.

The dissertation examines the design and development of methods and algorithms for the complex study of dynamic off-body radio channels in WBANs, taking into account the influence not only of the body but also of the type of antennas used and their polarization. All this determines the topicality of the subject of the presented dissertation work. This relevance is confirmed also by the large number of scientific and practical developments in this field published in the last few years.

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

The PhD candidate demonstrates a thorough knowledge of the issues in the WBANs area. A large number of literature sources have been reviewed, and a critical analysis of existing methods for the characterization of radio channels in WBANs has been made. Based on this, the dissertation goal and tasks for its achievement are correctly formulated. The position of the author

and his creative contribution are clearly expressed in the dissertation and the presented scientific publications.

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

A detailed analysis of publications and research in the scientific literature makes it possible to clearly define the dissertation's goal and tasks. The main goal of the dissertation is to develop new methods and algorithms for complex research of narrowband off-body radio channels in WBANs. To achieve this goal, three main tasks have been formulated, related to: 1) analysis of the currently existing methods for characterizing narrowband off-body radio channels in WBANs; 2) propose an approach to improve the characterization of narrowband off-body radio channels in wireless networks oriented around the human body when applying existing research methods and 3) propose a methodology and develop an algorithm for complex research of narrowband off-body radio channels, including and about the influence of antennas on channel parameters.

The developed and proposed methods are investigated through analytical, empirical, and simulation approaches. I believe that the proposed research methodology in the dissertation based on analytical, statistical, and simulation approaches, as well as the used approaches and means of analysis are adequate to the set goal and tasks of the dissertation.

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

The dissertation is 127 pages long. It contains 53 figures and 9 tables. 116 literary sources in Latin are cited in the work, of which over 90% are from the last 10 years.

The work has three chapters. In the first chapter, the wireless technologies applicable to WBANs are discussed. Research and analysis of the types of radio channels depending on the location of the nodes in/on or around the human body, according to the IEEE 802.15.6 standard, as well as those formed during cooperation between two or more wireless networks oriented around the human body according to ETSI TR 103 394. In chapter 2, an approach to improve the characterization of narrowband off-body radio channels in WBANs is proposed and investigated. The proposed research setup can be used to investigate the parameters and characteristics of different wearable antennas, allowing comparability between them. In the third chapter, a method for complex characterization of off-body radio channels is presented, based on the combination of an empirical and simulation approach, taking into account the influence of the parameters and characteristics of the antennas when performing research in a closed space under conditions of multipath propagation of electromagnetic waves.

The content of the individual chapters is well-balanced and structured in sections that fully reflect the description of the proposed methods and algorithms or the analysis of the conducted experimental studies.

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

The contributions in the dissertation work are related to the development of methods and algorithms for complex research of narrowband off-body radio channels in WBANs. The achieved results are scientific-applied and can be summarized as follows:

- A new approach and set-up for investigating propagation losses in the radio channel is proposed, which improves the characterization of narrowband off-body radio channels in WBANs when applying the empirical method;
- A method is proposed for the complex characterization of narrowband off-body radio channels in WBANs, which takes into account the influence of each of the elements of the channel.
- An algorithm of the research methodology has been developed based on the proposed approach. Using the proposed approach and algorithm the influence of wearable antennas and the influence of the human body as elements of narrowband off-body radio channels in WNABs have been evaluated.

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

The materials presented are sufficient evidence that the main contributions and results obtained are the personal work of the PhD candidate.

7. Assessment of dissertation publications.

Four publications are presented on the materials of the dissertation, including one at a national conference with international participation and three at national scientific conferences. In two of the publications, Davidkov is the sole author, and in the other publications, David Davidkov is the lead author. The publications reflect essential moments of the dissertation. I believe that the presented publications are fully sufficient and meet the quantitative and qualitative indicators for awarding the educational and scientific degree "doctor". No data on observed citations of the PhD candidate's publications are presented.

8. Evaluation of the thesis abstract.

The presented abstract reflects the main content of the dissertation in an accessible way.

9. Comments, recommendations, and remarks.

I have no significant comments on the dissertation. I would recommend David Davidkov to continue his work in the chosen scientific field, making efforts for even wider dissemination and application of the results of scientific research in practice.

10. Conclusion and dissertation assessment.

Based on the above, I believe that the dissertation meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its Application and has the necessary qualities to award its author David Rumenov Davidkov with scientific and educational degree "Doctor" in professional direction 5.3. Communication and Computer Engineering, scientific specialty Computer Systems Complexes and Networks.

28.11.2023 г.
Sofia

REVIEWER:

/Prof. Eng. Georgi Iliev, PhD /