

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р Петър Стоянов Апостолов

на дисертационен труд за присъждане на образователно-научна степен „Доктор“, научна специалност 5.3. Комуникационна и компютърна техника - Компютърни комплекси системи и мрежи

на тема: *Изследване на възможностите за интеграция на сензорните мрежи в облачни структури*

Докторант: инж. Мартин Николов Пандурски

Научен ръководител: гл. ас. д-р Филип Цветанов

1. Данни за докторанта

Инж. Мартин Николов Пандурски е роден в Благоевград през 1991 г. Завършва средно образование през 2010 г. в 7 СОУ "Кузман Шапкарев"- Благоевград. От 2010 г. завършва образователни степени в ЮЗУ „Неофит Рилски“ както следва:

Компютърни системи и технологии- Бакалавър;

Информатика- Магистър;

Компютърни системи и технологии- Магистър;

Електроника- Магистър.

От януари 2018 г. инж. Мартин Пандурски е редовен докторант в катедра Комуникационна и компютърна техника и технологии по специалност 5.3. Комуникационна и компютърна техника - Компютърни системи комплекси и мрежи.

2. Актуалност на дисертационния труд

Ако си представим комуникационната техника като жив организъм, то сензорите са неговите сетива, а сензорните мрежи нервната му система. Това направление на комуникационната техника търпи непрекъснато развитие. Създават се нови технологии, математически модели, технически средства и се очертават нови перспективи в развитието на тази научно-техническа област. Основна задача е да се подобряват параметрите на сензорите, като тяхната чувствителност, миниатюризация, енергийна ефективност, бързодействие на предаване на данните, защита от злонамерен достъп, разширяване на приложенията за граждански и военни цели и др. Описаните в дисертационни труд на Мартин Пандурски изследвания на възможностите за интеграция на сензорните мрежи в облачни структури са актуални и в съответствие със съвременните тенденции на развитие на тази област на комуникационната техника.

3. Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд е разработен в три глави, въведение и заключение с обем 182 страници стандартно оформен текст, включващ фигури, графики, таблици, формули и приложения. Библиографията включва 155 заглавия на английски (144) и български (11) език, включително и линкове към електронни издания.

Уводът е въвеждащ в областта на сензорите и безжичните сензорни мрежи (БСМ). Изтъкната е перспективността на облачните структури при приложения в индустрията, домакинствата, здравеопазване, екология, селско стопанство, отбрана и др.

В *Първа глава* „Анализ на съвременните подходи за създаване и управление на безжични сензорни мрежи“ докторантът е направил подробно и задълбочено изложение на средствата и подходите при

конструиране на съвременна безжична сензорна мрежа. Разгледани са видове сензори, перспективите за тяхното развитие, видове структури и топологии на БСМ, сигурност на сензорните мрежи. Изтъкнати са предимствата на ZigBee технологията за създаване на комуникационна архитектура на БСМ.

Представени са два примера, които онагледяват теоретичното изложение. Симулационно е изследвана енергийната ефективност на сензорна мрежа с кълъстерна топология при разположение на сензорите по случаен принцип на определена площ. Изследвани са енергийните зависимости на два варианта на протокол LEACH със съответни изводи.

С програмен продукт Radio Range Test са изследвани комуникационната ефективност на сензорни мрежи при различни топологии с XBee модули. Изследванията потвърждават ефективността на кълъстерната топология.

В края на главата са формулирани, задачите на дисертацията:

1. Изследване и анализ на съвременни методи за създаване и управление на сензорни мрежи.
2. Анализ на протоколите и проблемите на интеграцията на сензорните мрежи с облачни структури.
3. Физическо изграждане на структура сензорна мрежа-облак и разработване на алгоритъм за ефективно интегриране на сензорни данни чрез приемане, предаване, визуализиране и анализиране на данни от сензорни устройства.
4. Изследване, симулационно и физическо на сигурността на предаваните сензорни данни в облачна структура.

5. Да се оцени влиянието на протоколите и механизмите предоставящи услуга за интеграция в системата сензорна мрежа – облак, върху ефективността за предоставяне на пакетите данни.

Дефинирани са приложените методи на изследвания за постигане на поставените цели.

Глава втора „Модели и алгоритми за интеграция на сензорните данни в облачни структури“, е насочваща към оригиналната част на дисертационния труд. Систематично са описани съвременните решения за съхранение и обработка сензорните данни, интеграция на сензорните данни в облачни структури, протоколи за комуникация и предаване на данните между сензорни мрежи и облачни платформи, интеграцията на сензорните данни в облачна структура, управление сигурността на сензорните данни и методи за изследване на сензорни мрежи.

Докторантът е демонстрирал задълбочен научен подход и познания. Описанието е придружено с внушителен брой фигури, таблици и цитирани литературни източници. Аналитично са описани вероятността за колизии при трансфер на данни с разпределение на Пуансон и алгоритъм за удостоверяване достъпа до сензорни мрежи, базирани на MQTT протокол. Извършен е анализ на пет схеми за предаване на данните в системата сензор-облак в зависимост източниците на безжичния сигнал. Разгледани са основните протоколи за комуникация и предаване на данните между сензорни мрежи и облачни платформи HTTP и RESR, RESTfull, MQTT, MQTT SN, CoAP, AMQP и DDS.

В края на *Глава втора* докторантът е изложил методите за изследване на безжични сензорни мрежи, използваните симулационни инструменти и е предложена методика за провеждане на компютърно базирани симулационни изследвания за решаване на поставените задачи в дисертационния труд.

В Глава трета „Изследване на някои възможности за интеграция на сензорните данни в облачни структури“ е оригиналната част на дисертационния труд. За провеждане на експерименталните изследвания и симулации, докторантът сполучливо се е насочил към използване на професионален кит Digi XBee Cloud Kit за разработка на персонални уеб приложения. При изследванията докторантът е демонстрирал забележителен инженерен подход и акуратност. Част от резултатите са публикувани в списания и доклади на конференции, което дава допълнителна публичност върху разработваните теми в дисертацията.

Описана е методологията за интегрирането на сензорна мрежа за събиране и споделяне на данни, експериментално е изследвана сигурността на предаваните сензорни данни, сензорна мрежа за измерване на инсулинови нива, влиянието на протокола върху интеграцията на сензорните данни към облака.

Докторантът е демонстрирал забележителни умения в използването на програмни езици като Python, Matlab и обработка на данни. Проведените експерименти и симулации са извършени коректно и са онагледени в значителен брой фигури, таблици и компютърни програми.

Тематиката на дисертационния труд съвпада и значително доразвива учебния материал по дисциплините „Сензори и сензорни мрежи“ в катедра Комуникационна и компютърна техника и технологии на Технически факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“. Описаните симулации и експерименти с професионален кит Digi XBee Cloud Kit могат да използвани за обучение на студенти.

В края на дисертационни труд докторантът е заявил претенции за следните научно-приложни и приложни приноси (цитирам).

Научно-приложни приноси

1. Предложен и практически реализиран е алгоритъм за изследване комуникационна ефективност на сензорни мрежи при различни топологии. Резултатите показват, че при клъстерната топология приети пакети и закъснения са с минимални загуби.

2. Предложен и изследван е алгоритъм за енергоефективността на сензорни мрежи с клъстерна топология и протоколи LEACH, LEACH-N и LEACH-H. Резултатите показват, че LEACH-H е най-енергийно ефективен.

3. Предложен и реализиран е алгоритъм за интегриране на сензорни данни в облак Things Speak чрез REST базирани веб услуги и протокола HTTPS по метода request-response.

4. Предложен, експериментиран и верифициран е алгоритъм за проверка сигурността на предаваните сензорни данни с протокола MQTT в облак ThingSpeak, чрез протокол TLS и поток на данни реализиран с Node-RED.

5. Предложен, реализиран и верифициран е алгоритъм за изграждане и експериментиране на симулационна система за интеграция на сензорните данни от биосензорите в облак за мониторинг на инсулиновите нива на пациенти с диабет чрез хипергликемия, хипогликемия и нормални нива на кръвната захар.

6. Предложен, реализиран и верифицирана е работоспособността на алгоритъм за изследване ефективността на интеграцията на, HTTPS, MQTT и MQTT-SN.

7. Определена и оценена е работоспособността на протоколите за интеграция на сензорни данни към облак HTTP, HTTPS, MQTT и MQTT-SN в зависимост от различни параметри като брой пакети, брой теми в пакетите и битове за всяка тема върху скоростта (закъснението) на предаваните данни към облака.

8. Установено е, че протоколът MQTT осигурява най-малко закъснение при предаване на данните, най малко натоварва процесора и паметта и има най-малка енергийна консумация. Установено е, че HTTPS и MQTT-SN, работят с по-голямо закъснение, по-голям разход на енергия и натоварване на паметта, поради допълнителните обработки.

Приложни приноси

9. Предложен е модел и създадена тестова информационно-измервателна система за изследване интеграцията между сензорна мрежа и облак, чрез която е проведено е експериментално изследване, включващо 17 сценария.

10. Разработени са кодове на Python за експериментални изследвания на протоколите HTTP, HTTPS, MQTT и MQTT-SN.

По мое мнение изброените приноси и претенциите на автора са основателни и са придружени с обилен доказателствен материал.

4. Забележки и препоръки

Като цяло дисертационният труд е написан добре и оформен според моите разбирания за научен тезис. Има някои дребни недоглеждания. Например на Фиг.1.24. „Топологии за сензорни мрежи“ са разменени местата на дървовидната и звездовидната топология; има разминаване на номерата на страниците в Съдържание и текста.

Щеше да е по-разбираемо, ако температурните данни на фиг. 3.11 са в градуси по Целзий, а не по Фаренхайт. Това може да стане лесно като от данните в кода на Matlab на фиг. 3.12 се извади 32 и се умножат по 5/9.

Бих препоръчал на инж. Мартин Пандурски да се ориентира към усъвършенстване на способностите си в областта на сензорите и сензорните мрежи.

5. Публикации

В материалите към дисертационния труд инж. Мартин Пандурски е представил списък с девет научни публикации, пет от които в съавторство са публикувани в Scopus и Web of Science. Това е една много добра атестация за публикационната активност на инж. Мартин Пандурски.

Заключение:

Предложената дисертация има качества, които се потвърждават от получените резултати. Предоставените ми материали са достатъчни за покриване на критериите и изискванията на НАЦИД. Това ми дава основание да предложа на Научното жури да присъди на инж. Мартин Пандурски образователно-научната степен „Доктор” в област на висшето образование 5.3. Комуникационна и компютърна техника - Компютърни комплекси системи и мрежи.

Рецензент:.....

27. 02. 2022

/проф. д-р. инж. Петър Апостолов/

REVIEW

by Prof. Dr. Petar Stoyanov Apostolov

of dissertation for awarding the educational-scientific degree "Doctor", scientific specialty 5.3. Communication and computer technology - Computer systems and networks

on the topic: *Research of the possibilities for integration of the sensor networks in cloud structures*

PhD student: Eng. Martin Nikolov Pandurski

Scientific adviser: Ch. Assistant Professor Dr. Philip Tsvetanov

1. Data for the doctoral student

Eng. Martin Nikolov Pandurski was born in Blagoevgrad in 1991. He graduated from high school N 7 Kuzman Shapkarev in 2010 at 7 High School in Blagoevgrad. Since 2010 he has been graduating from SWU "Neofit Rilski" as follows:

Computer Systems and Technologies - Bachelor;

Informatics - Master;

Computer Systems and Technologies - Master;

Electronics - Master.

Since January 2018, Eng. Martin Pandurski is a full-time doctoral student in the Department of Communication and Computer Engineering and Technology in specialty 5.3. Communication and computer technology - Computer systems complexes and networks.

2. Relevance of the PhD thesis

If we imagine the communication technique as a living organism, then the sensors are its senses, and the sensory networks are its nervous system. This direction of communication technology is constantly evolving. New technologies, mathematical models, technical means are being created and new perspectives in the development of this scientific and technical field are emerging. The main task is to improve the parameters of the sensors, such as their sensitivity, miniaturization, and energy efficiency, speed of data transmission, protection against malicious access, expanding applications for civil and military purposes and more. The studies of the possibilities for integration of sensor networks in cloud structures described in Martin Pandurski's dissertation are up-to-date and in accordance with the modern tendencies of development of this field of communication technology.

3. General characteristics of the PhD thesis

The dissertation is developed in three chapters, introduction and conclusion with a volume of 182 pages of standard text, including figures, graphs, tables, formulas and applications. The bibliography includes 155 titles in English (144) and Bulgarian (11), including links to electronic publications.

The introduction is introductory in the field of sensors and wireless sensor networks (WSN). The perspective of the cloud structures in applications in industry, households, healthcare, ecology, agriculture, defense, etc. is emphasized.

In the First Chapter "Analysis of modern approaches to the creation and management of wireless sensor networks" the doctoral student has made a detailed and in-depth presentation of the tools and approaches in constructing a modern wireless sensor network. Types of sensors, perspectives for their development, types of structures and topologies of WSN, security of sensor

networks are considered. The advantages of ZigBee technology for creating a communication architecture of BSM are highlighted.

Two examples are presented that illustrate the theoretical exposition. The energy efficiency of a sensor network with cluster topology in the location of the sensors at random on a certain area has been simulated. The energy dependences of two variants of the LEACH protocol with corresponding conclusions were studied.

The communication efficiency of sensor networks in different topologies with XBee modules was studied with the software product Radio Range Test. Research confirms the effectiveness of the cluster topology.

At the end of the chapter are formulated, the tasks of the dissertation:

1. Research and analysis of modern methods for creating and sensor network management.

2. Analysis of the protocols and problems of integration of sensor networks with cloud structures.

3. Physical construction of the sensor network-cloud structure and developing an algorithm for efficient sensor integration data by receiving, transmitting, visualizing and analyzing data data from sensor devices.

4. Research, simulation and physical security of the transmitted sensory data in a cloud structure.
5. Assess the impact of protocols and mechanisms providing a service for integration into the sensor network system - cloud, on the efficiency of providing data packets.

The applied research methods for achieving the set goals are defined.

Chapter two "Models and algorithms for integration of sensory data in cloud structures" is a reference to the original part of the dissertation. Modern solutions for storage and processing of sensor data, integration of sensor data in

cloud structures, protocols for communication and data transmission between sensor networks and cloud platforms, integration of sensor data in a cloud structure, sensor data security management and methods for sensor data are systematically described study of sensor networks.

The doctoral student has demonstrated a thorough scientific approach and knowledge. The description is accompanied by an impressive number of figures, tables and cited literature sources. Collision probability data transfer with random distribution and algorithm for authentication of access to sensor networks based on MQTT protocol are analytically described. An analysis of five schemes for data transmission in the sensor-cloud system depending on the sources of the wireless signal was performed. The main protocols for communication and data transmission between sensor networks and cloud platforms HTTP and RESR, RESTfull, MQTT, MQTT SN, CoAP, AMQP and DDS are considered.

At the end of *Chapter Two* the doctoral student presented the methods for researching wireless sensor networks, the simulation tools used and proposed a methodology for conducting computer-based simulation research to solve the tasks in the dissertation.

In *Chapter Three* "Exploring Some Possibilities for Integrating Sensory Data into Cloud Structures" is the original part of the dissertation. To conduct experimental research and simulations, the PhD student successfully focused on using a professional Digi XBee Cloud Kit to develop personal web applications. In his research, the doctoral student has demonstrated a remarkable engineering approach and accuracy. Some of the results have been published in journals and conference reports, which gives additional publicity to the topics developed in the dissertation.

The methodology for the integration of a sensor network for data collection and sharing is described, the security of the transmitted sensor data, a sensor

network for measuring insulin levels, the influence of the protocol on the integration of sensor data to the cloud are experimentally studied.

The PhD student has demonstrated remarkable skills in the use of programming languages such as Python, Matlab and data processing. The conducted experiments and simulations were performed correctly and are illustrated in a significant number of figures, tables and computer programs.

The topic of the dissertation coincides and significantly develops the study material in the disciplines "Sensors and sensor networks" in the Department of Communication and Computer Engineering and Technology at the Technical Faculty of SWU "Neofit Rilski". The described simulations and experiments with the Digi XBee Cloud Kit can be used to students' education.

At the end of the dissertation the doctoral student has stated claims for the following scientific-applied and applied contributions (I quote).

Scientific and applied contributions

1. An algorithm for studying the communication efficiency of sensor networks in different topologies has been proposed and practically implemented. The results show that in the cluster topology received packets and delays have minimal losses.

2. An algorithm for energy efficiency of sensor networks with cluster topology and protocols LEACH, LEACH-N and LEACH-H is proposed and studied. The results show that LEACH-H is the most energy efficient.

3. An algorithm for integrating sensory data in the Things Speak cloud through REST based web services and the HTTPS protocol using the request-response method has been proposed and implemented.

4. An algorithm for checking the security of the transmitted sensor data with the MQTT protocol in the ThingSpeak cloud, using the TLS protocol and a data

stream implemented with Node-RED has been proposed, experimented and verified.

5. An algorithm for construction and experimentation of a simulation system for integration of sensory data from biosensors in the cloud for monitoring insulin levels of patients with diabetes through hyperglycemia, hypoglycemia and normal blood sugar levels has been proposed, implemented and verified.

6. The operability of an algorithm for studying the efficiency of the integration of, HTTPS, MQTT and MQTT-SN is proposed, implemented and verified.

7. The performance of the protocols for integration of sensor data to cloud HTTP, HTTPS, MQTT and MQTT-SN is determined and evaluated depending on various parameters such as number of packets, number of topics in packets and bits for each topic on the speed (delay) of transmissions data to the cloud.

8. The MQTT protocol has been found to provide the least data delay, the least CPU and memory load, and the lowest power consumption. It was found that HTTPS and MQTT-SN work with greater delay, higher power consumption and memory load due to additional processing

Applied contributions

9. A model is proposed and a test information-measuring system is created to study the integration between the sensor network and the cloud, through which an experimental study was conducted, including 17 scenarios.

10. Python codes have been developed for experimental studies of the HTTP, HTTPS, MQTT and MQTT-SN protocols.

In my opinion, the listed contributions and claims of the author are well-founded and are accompanied by abundant evidence.

4. Remarks and recommendations

In general, the dissertation is well written and shaped according to my understanding of the scientific thesis. There are some minor oversights. For example in Fig.1.24. "Topologies for sensor networks" are the places of exchange of the tree and star topology; there is a mismatch between the page numbers in the Table of Contents and the text.

It would be more understandable if the temperature data in fig. 3.11 are in degrees Celsius, not Fahrenheit. This can be done easily as from the data in the Matlab code in fig. 3.12 subtract 32 and multiply by 5/9.

I would recommend to Eng. Martin Pandurski to focus on improving his skills in the field of sensors and sensor networks.

5. Публикации

In the materials for the PhD thesis, Martin Pandurski presented a list of nine scientific publications, five of which were co-authored in Scopus and Web of Science. This is a very good attestation for the publishing activity of Eng. Martin Pandurski.

Conclusion:

The proposed dissertation has qualities that are confirmed by the results obtained. The materials provided to me are sufficient to meet the criteria and requirements of NACID. This gives me grounds to propose to the Scientific Jury to award Eng. Martin Pandurski the educational-scientific degree "Doctor" in the field of higher education 5.3. Communication and computer technology - Computer systems and networks.

Reviewer:.....

27. 02. 2022

/prof. ScD Peter Apostolov/