

Рецензия

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен “доктор” по научна специалност: **"Компютърни системи, комплекси и мрежи"**
в професионално направление: **5.3 Комуникационна и компютърна техника**

Автор на дисертационния труд: **Мартин Пандурски**

Тема на дисертационния труд: **Изследване на възможностите за интеграция на сензорните мрежи в облачни структури**

Изготвил: **доц. д-р инж. Агата Христова Манолова**, Факултет по Телекомуникации, Технически Университет-София

1. Актуалност на разработвания проблем

В последните десетилетия има значително развитие в областта на безжичните комуникационни технологии, информационните и комуникационни системи, промишления дизайн и електромеханичните системи, насърчаващи развитието на безжичните сензорни мрежи (БСМ). Идеята на БСМ е да свържат всички или всякакви устройства към интернет или други свързани устройства. БСМ позволяват свързването на физически устройства, снабдени със сензори, електроника и актуатори, които да събират и обменят информация. От друга страна, характеристиките на БСМ като например ниска латентност, информираност за местоположението и географско разпределение, са критични за някои IoT приложения, включително интелигентни светофари, управление на домашна енергия и разширена реалност. За успешното внедряване и управление на тези приложения, облачни изчислителни техники са незаменими, тъй като осигуряват високи изчислителни възможности, както и голям капацитет за съхранение. За съжаление, архитектури, базирани на БСМ са изправени пред различни рискове за сигурността и поверителността, които поражда сериозни опасения за потребителите. Анализът на съвременните подходи за създаване и управление на безжични сензорни мрежи, разработването на подходящи модели и алгоритми за интеграция на сензорните данни в облачни структури, както и интеграцията на сензорните данни в облачни структури, намират отражение в дисертационния труд на маг. **Мартин Пандурски**. Научната област на представения за рецензия дисертационен труд, без съмнение, е изключително актуална, като има за цел да предостави информация за облачната архитектура, внедряването и производителността на БСМ. Проучват се няколко потенциални сценария за приложение на БСМ и се обсъжда архитектурата по отношение на функционалността на всеки компонент. Освен това подробностите за внедряването им в облака са представени заедно с услугите, които предлагат.

Темата на дисертационния труд пряко касае изследването на възможности и алгоритми за ефективна работа на сензорни мрежи при интеграцията на сензорните данни в облачни структури.

2. Познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Дисертационния труд показва, че докторантът познава добре съвременните подходи за създаване и управление на безжични сензорни мрежи и някои съпътстващи софтуерни приложения. Литературният обзор обхваща 155 източници, книги, научни публикации, интернет сайтове от 1998 до 2020 г.

След направен обстоен анализ на най-съвременните подходи за създаване и управление на безжични сензорни мрежи и експериментално изследване влиянието на топологията върху ефективността на комуникационния обхват на сензорна мрежа, в края на Глава 1, маг. Пандурски обосновава формулирането на **основните задачи** на дисертационния труд:

1. Анализ на протоколите и проблемите на интеграцията на сензорните мрежи с облачни структури.

2. 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.

3. Изследване, симулационно и физическо на сигурността на предаваните сензорни данни в облачна структура.

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

Решаването на така представените задачи на дисертационния труд е представено в следващите 3 глави.

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

В глава 1 на дисертационния труд са дефинирани 4 основни задачи и получените експериментални резултати предполагат, че в основната си част така формулираните задачи са изпълнени. Разработени и представени в дисертационния труд са:

- Експериментално изследване енергийната ефективност на сензорна мрежа с кълъстерна топология.
- Разработена експериментална комуникационна архитектура на БСМ със ZigBee технология
- Експериментално изследване влиянието на топологията върху ефективността на комуникационния обхват на мрежата
- Подход за интеграция на сензорните данни в облачна структура, базиран на различни сценарии за предаване на данните
- Методология за интегрирането на сензорна мрежа за събиране и споделяне на данни чрез използване на Pub/Sub метода чрез REST базирани уеб услуги към облак Things Speak
- Експериментално изследване сигурността на предаваните сензорни данни в ThingSpeak облак
- Моделиране и изследване на сензорна мрежа за измерване на инсулинови нива
- Експериментално изследване влиянието на параметрите на пакетите върху закъснението на предаваните данни.

От представените резултати и научни публикации следва, че разработените модели на БСМ с облачна интеграция за събиране и споделяне на данни, съответстват на поставените 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 съдържа 182 страници, като включва увод, три глави за решаване на формулираните основни задачи. В края на работата са формулирани приносите и перспективите за бъдеща работа, и са приложени списъци на използваната литература, на публикациите по дисертацията, с участие на докторанта. Не са предстани използвани съкращения и означения, но към дисертационния труд са представени допълнителни приложения с код към представените модели.

В края на Глава 1 въз основа на направения обзор и проведени експерименти, авторът си поставя няколко цели и задачи за изпълнение, на които се дава отговор в следващите глави.

В Глава 2 са анализирани са основните модели за представяне и предаване на сензорни данни, специализирани бази от данни с времеви редове TSBD за сензорни данни и проблемите на интеграцията на сензорните данни към облачна структура стъпките за управление на сензорните данните. Авторът дефинира въпросите, свързани с интеграцията между сензорната мрежа и облачна структура. Предложени са и анализирани са пет схеми за предаване на данните в системата сензор-облак в зависимост източниците на безжичния сигнал. Прави се анализ на моделите за съхранение на сензорни данни: пет слоен модел базиран на OSI и три модела (файлово, блоково и обектно) за съхранение на данни в слоя за управление на данни. Докторантът разглежда основните протоколи за комуникация и предаване на данни между сензорни мрежи и облачни платформи HTTP и RESR, RESTfull, MQTT, MQTT SN, CoAP, AMQP и DDS. Изяснена е същността на интеграцията между сензорна мрежа и облака и определени подходите за управление сигурността на сензорните данни при интеграцията им към облак като: проектиране и разработване на специализирани мрежови контролери, разработване на международни стандарти, разработване на специализирана хардуерна защита. Дефинират се основните режими на предаване на данните от сензорите към сървърите в облачната структура и са анализирани възможностите за забавяне на предаването на данните. Представени са алгоритми за удостоверяване на комуникация, базирана на комуникационния протокол MQTT, който позволява да се провери автентичността на устройство без директно предаване на паролата, както и метода за защита на данните в MQTT чрез TLS протокол, чието приложение повишава нивото на сигурност на удостоверяване за сензорни мрежи.

В глава 3 е представена реална сензорна мрежа от XBee модули, като данни се визуализират, анализират и изпращат по метода request-response чрез REST базирани уеб услуги и протокола HTTPS към облак ThingSpeak. Предложена е и практическа реализация на алгоритъм за интегриране на сензорни данни в облак чрез REST базирани уеб услуги. Разработени са код за интегриране на данни в ThingSpeak чрез Python и код за визуализация и анализ на сензорните данни чрез Matlab в ThingSpeak. Предложен алгоритъм за предаване на сензорни данни чрез TLS в облак ThingSpeak. Предложен модел на сензорна мрежа за дистанционна здравна помощ, чрез мониторинг на диабетното състояние, базиран на технологията IoT. Предложен и реализиран е алгоритъм за проектиране на модела и конфигуриране на симулационна система за интеграция на сензорните данни от биосензорите за наблюдение на инсулиновите нива. Проектирана и практически реализирана е експериментално измервателна система от XBee устройства и облачна структура ThingBoard Cloud за изследване влиянието на различните протоколи за интеграция на сензорна мрежа към облак и оценка ефективността на предаване на сензорните данни. Авторът предлага модел за изследване на интеграцията сензорна мрежа- облак с различни протоколи като анализира основни комуникационни модели за интеграция- request-response и

publish-subscribe и разработена методология за осъществяване на интеграцията сензорна мрежа-облак. Проведени са експериментални изследвания, които включват 17 сценария, за определяне работоспособността 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.

В приложението 3.1 са дадени кодовете на javascript (изчислителна част) и html (визуална част) към симулатора packet tracer. В приложението 3.2 е представен код за HTTP клиент, от който се събират данните за изпратените пакети, докато за профилирането на MQTT, се използва освен кода, и клиентския пакет Eclipse Paho MQTT. В приложение 3.3 е представен код за функция за свързване и прекъсване, за да се зареди предварително MQTT клиента с всички идентификационни данни, от които се нуждае, за да се свърже с облака, така че идентификационните данни да могат да се използват повторно във всеки цикъл на измерване. В приложение 3.4 са представени експериментални данни от 17 различни сценария.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Дисертацията има приложени характер и принос в посока изследването на възможности и алгоритми за ефективна работа на сензорни мрежи при интеграцията на сензорните данни в облачни структури.

Основните приноси на дисертацията имат основно научноприложен и приложен характер и могат да се обобщят по следния начин:

а) Научноприложните приноси

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

б) Приложни приноси

- 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.
- Предложен модел на сензорна мрежа за дистанционна здравна помощ, чрез мониторинг на диабетното състояние, базиран на технологията IoT.
- Предложен модел на симулационна система за интеграция на сензорните данни от биосензорите за наблюдение на инсулиновите нива.

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

Предоставеният ми за рецензия дисертационен труд безспорно съдържа научно-приложни и приложни приноси, като те са представени на научни форуми в България и чужбина или в други научни издания и са получили необходимата публичност и са били рецензирани от независими рецензенти. По дисертацията са направени общо 9 публикации в съавторство и една самостоятелна, от които 1 на български език, останалите на английски език. Пет от публикации са реферирани в Scopus, Web of Science, две в НАЦИД, две в международни вторични бази от данни Google Scholar, EBSCO, Crossref, Publons, DOAJ. Публикацията под номер [A1] е в списание от Q3 с SJR 0.18. Публикацията под номер [A4] е генерирала 4 цитата, а публикацията [A5] има един забелязан цитат, което доказва приложимостта на дисертационния труд и оценката на международната научна общост за приноса на дисертационния труд и работата на докторанта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По дисертацията има една самостоятелна публикация. Направените 9 публикации по дисертационния труд са в периода 2018 - 2020 г.: 1 статия в списание “ International Journal of Online and Biomedical Engineering”, индексирано в Scopus, Web of Science с SJR 0.18 и квантил Q3; 1 статия в списание „Multidisciplinary Journal of Science, Education and Art“, индексирано в базата данни на НАЦИД, 1 статия в списание „Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology“, индексирана в Ebsco, Google scholar, Crossref, Publons, DOAJ. 6 статии са в сборници доклади, представени на международни или такива с международно участие научни конференции. От тях 3 от тези публикации са индексирани в базата Scopus. Посочените трудове по брой и място на публикуване покриват изцяло изискванията за придобиване на ОНС „Доктор”.

8. Използване на резултатите от дисертацията в научната и социалната практика

Няма

9. Мнения, препоръки и бележки

Дисертантът е достигнал до интересни научно-приложни резултати. Очевидно е голямото поле за тяхното практическо приложение във всекидневния живот.

По отношение на представената финална версия на дисертацията имам следните бележки и въпроси:

- a) Препоръчително е, особено за публикации в международни издания и индексирани в Scopus/Web of Science да се иска позволенията на оригиналния автор за използване на фигури и графики. Такава информация не е предоставена за настоящата дисертация.
- b) В глава 1, точка 1.8, докторантът прави важен извод: „Важен проблем при сензорните мрежи е генерирането на огромно количество сензорни данни, ограничената изчислителна мощност и ограничения капацитет на сензорните мрежи, а от там друг проблем свързан с живота на мрежата. Интеграцията между облачните структури и сензорните мрежи дава възможност за решение на този проблем, както и за съхранени и обработка на събраните данни, без излишно оскъпяване себестойността на сензорните мрежи“. В същата глава се разглеждат и различните видове безжични сензори, които генерират хетерогенни сигнали. Взето ли е в предвид в предложените чувствителни към времето IoT приложения, изследвани в глава 2 и 3, влиянието на разнородната натура на сигналите и как това би променило времевите параметри и разпределението на енергийните ресурси?
- c) Формулите в Глава 2, не се обяснени ясно в текста и не става ясно кой е техният първоизточник. Например (2.29) и (2.30).
- d) Копирането на код в дисертационния труд не е необходимо (слага се в приложенията) - например фиг. 3.12. В научни трудове при необходимост сте залага псевдо-код.
- e) В глава 3, точка 3.4.4 се изследва алгоритъм за изследване сигурността на предаваните данни от сензорна мрежа към облак, като в стъпка 7 се проверява работоспособността на алгоритъма за предаване на криптирани данни, чиито резултати са от особена важност, тъй като атаки върху доверието чрез SSL/TLS-криптирания трафик вече са често срещани и нарастват по честота и сложност. Нискорисковият характер и популярността на SSL/TLS гарантира, че тези тенденции ще продължат, излагайки организациите на риск от пробив, неуспешни одити и непланирани блокирания (downtime) на системата. В представения експеримент не се прави опит да се пробие избрания протокол за сигурност, за да се докаже неговата ефективност. Има ли алтернативи на TLS протокола? Тъй като по-голямата част от съвременните криптографски алгоритми са проектирани за настолни/сървърни среди, много от тези алгоритми не могат да бъдат внедрени в устройствата, използвани от БСМ. Когато текущите алгоритми могат да бъдат проектирани да се впишат в ограничените ресурси на ограничените среди, тяхната производителност обикновено не е приемлива. Изследвана ли е идеята за Lightweight Cryptography: Masanobu Katagi and Shiho Moriai, Lightweight Cryptography for the Internet of Things, Sony Corporation, 2008.

Направените забележки не омаловажават значимостта на резултатите.

10. Заключение

Дисертацията на Мартин Пандурски се отличава с редица достойнства в експериментално-приложен план. Като цяло дисертационният труд издава добра компетентност по поставената тематика и след направените забележки и коментати ще отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и на Правилника на ЮЗУ «Неофит Рилски» за прилагането му. Въз основа на горепосочените достойнства и приноси на дисертационния труд, считам, че са достатъчно основание за присъждане на ОНС

„Доктор“ по научната специалност „Компютърни системи, комплекси и мрежи“ на маг. инж. Мартин Пандурски. Затова предлагам на уважаемите членове на Научното жури да се присъединят към моята положителна оценка и да гласуват с „ДА“.

31.03.2022 г.

Подпис:

/доц. д-р Агата Манолова/

Review

on the dissertation work for obtaining the educational and scientific degree „Doctor”

Author of the thesis: MSc. Eng. Martin Pandurski

Title of the thesis: INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES FOR INTEGRATION OF SENSOR NETWORKS IN CLOUD STRUCTURES

Reviewer: assoc. prof. **Agata Hristova Manolova**, PhD, Faculty of Telecommunications, Technical University of Sofia

1. Actuality of the problem investigated in the PhD thesis and tasks, developed in the dissertation

In recent decades, there have been significant developments in the field of wireless communication technologies, information and communication systems, industrial design and electromechanical systems promoting the development of wireless sensor networks (WSN). The idea of WSN is to connect all or any devices to the Internet or other connected devices. WSN allow the connection of physical devices equipped with sensors, electronics and actuators to collect and exchange information. On the other hand, WSN features such as low latency, location awareness, and geographic distribution are critical to some IoT applications, such as smart traffic lights, home power management, and augmented reality. For the successful implementation and management of these applications, cloud computing techniques are indispensable as they provide high computing capabilities as well as large storage capacity. Unfortunately, WSN-based architectures face various security and privacy risks that raise serious concerns for users. The analysis of modern approaches for creation and management of wireless sensor networks, the development of appropriate models and algorithms for integration of sensor data in cloud structures, as well as the integration of sensor data in cloud structures, are reflected in the dissertation of Mag. Martin Pandurski. The scientific field of the dissertation submitted for review is, without a doubt, extremely up-to-date, aiming to provide information about the cloud architecture, implementation and productivity of the WSN. Several potential scenarios for the application of WSN are explored and the architecture regarding the functionality of each component is discussed. In addition, the details of their implementation in the cloud are presented together with the services they offer.

The topic of the dissertation directly concerns the study of possibilities and algorithms for efficient operation of sensor networks and the integration of sensor data in cloud structures.

2. Degree of knowledge of the problem

The dissertation shows that the doctoral student is well acquainted with modern approaches to the creation and management of wireless sensor networks and some related software applications. The literature review covers 155 sources, books, scientific publications, websites from 1998 to 2020.

After a thorough analysis of the most modern approaches to the creation and management of wireless sensor networks and experimental study of the influence of topology on the efficiency of the communication range of a sensor network, at the end of Chapter 1, Mag. Pandurski substantiates the formulation of the main tasks of the dissertation:

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

2. Physical construction of a sensor network-cloud structure and development of an algorithm for effective integration of sensor data by receiving, transmitting, visualizing and analyzing data from sensor devices.

3. Research, simulation and physical security of the transmitted sensor data in the cloud structure.

4. Evaluation of the influence of the protocols and mechanisms providing service for integration in the sensor network network - cloud, on the efficiency for providing the data packets.

The solution of the presented tasks of the dissertation is presented in the next 3 chapters.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set objective and tasks of the thesis with the achieved contributions

Chapter 1 of the dissertation defines 4 main tasks and the obtained experimental results suggest that in the main part the tasks formulated in this way are fulfilled. Developed and presented in the dissertation are:

- Experimental study of the energy efficiency of a sensor network with cluster topology.
- Developed experimental communication architecture of WSN with ZigBee technology
- Experimental study of the influence of topology on the efficiency of the communication range of the network
- Approach for integration of sensor data in the cloud structure, based on different scenarios for data transmission
- Methodology for integrating a sensor network for data collection and sharing using the Pub / Sub method via REST based web services to the Cloud Speak cloud
- Experimental study of the security of transmitted sensor data in ThingSpeak cloud
- Modeling and research of a sensor network for measuring insulin levels
- Experimental study of the influence of packet parameters on the delay of transmitted data.

From the presented results and scientific publications it follows that the developed models of WSN with cloud integration for data collection and sharing correspond to the tasks of the dissertation.

4. Short analytical characteristics of the thesis

The dissertation contains 182 pages, including an introduction, three chapters for solving the formulated main tasks. At the end of the dissertation, the contributions and perspectives for future work are formulated, and lists of the used literature, of the publications on the dissertation, with the participation of the doctoral student are attached. Abbreviations and notations used are not presented, but additional applications with code to the presented models are presented as part of the dissertation.

At the end of Chapter 1, based on the review and experiments, the author sets several goals and objectives for implementation, which are answered in the following chapters.

Chapter 2 analyzes the main models for the presentation and transmission of sensor data, specialized TSBD time series databases for sensor data and the problems of integration of sensor data into the cloud structure, the steps for sensor data management. The author defines the issues related to the integration between the sensor network and the cloud

structure. Five schemes for data transmission in the sensor-cloud system depending on the sources of the wireless signal are proposed and analyzed. An analysis of the sensory data storage models is performed: five OSI-based five-layer model and three models (file, block and object) for data storage in the data management layer. The PhD student discusses the basic protocols for communication and data transmission between sensor networks and cloud platforms HTTP and RESR, RESTfull, MQTT, MQTT SN, CoAP, AMQP and DDS. The essence of the integration between sensor network and cloud is clarified and the approaches for managing the security of sensor data in their integration to the cloud are defined, such as: design and development of specialized network controllers, development of international standards, development of specialized hardware protection. The main modes of data transmission from the sensors to the servers in the cloud structure are defined and the possibilities for delaying the data transmission are analyzed. Algorithms for authentication of communication based on the MQTT communication protocol are presented, which allows to verify the authenticity of a device without direct transmission of the password, as well as the method of data protection in MQTT using TLS protocol, whose application increases the level of authentication. sensor networks.

Chapter 3 presents a real sensor network of XBee modules, as data is visualized, analyzed and sent by the request-response method via REST based web services and HTTPS protocol to ThingSpeak cloud. A practical implementation of an algorithm for integrating sensor data in the cloud through REST based web services is also proposed. Code for integrating data in ThingSpeak through Phyton and code for visualization and analysis of sensory data through Matlab in ThingSpeak have been developed. Proposed algorithm for transmitting sensor data via TLS in ThingSpeak cloud. Proposed model of a sensor network for remote health care through diabetes monitoring based on IoT technology. An algorithm for model design and configuration of a simulation system for integration of sensory data from biosensors for monitoring insulin levels has been proposed and implemented. An experimental measurement system of XBee devices and ThingBoard Cloud cloud structure was designed and practically implemented to study the impact of various protocols for integration of sensor network to cloud and evaluate the efficiency of sensor data transmission. The author proposes a model for studying the sensor network-cloud integration with different protocols by analyzing the main communication models for integration-request-response and publish-subscribe and developed a methodology for implementing the sensor network-cloud integration. Experimental studies have been conducted, which include 17 scenarios, to determine the performance of HTTP, HTTPS, MQTT and MQTT-SN depending on various parameters such as number of packets, number of topics in packets and bits for each topic on the speed (delay) of data transmission to the cloud.

Appendix 3.1 provides the javascript (calculation part) and html (visual part) codes for the packet tracer simulator. Annex 3.2 presents the HTTP client code from which the data for sent packets is collected, while for MQTT profiling, in addition to the code, the Eclipse Paho MQTT client packet is used. Appendix 3.3 presents the connect and disconnect function code to preload the MQTT client with all the credentials it needs to connect to the cloud so that the credentials can be reused in each cycle of measurement. Annex 3.4 presents experimental data from 17 different scenarios.

5. Scientific and applied contributions of the thesis

The dissertation has applied character and contribution towards the study of possibilities and algorithms for efficient operation of sensor networks in the integration of sensor data in cloud structures.

The main contributions of the dissertation are mainly scientifically applied and applied in nature and can be summarized as follows:

a) Scientifically applied contributions

- 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.
- An algorithm for energy efficiency of sensor networks with cluster topology and LEACH, LEACH-N and LEACH-H protocols has been proposed and studied. The results show that LEACH-H is the most energy efficient.
- An algorithm for integrating sensor 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.
- 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.
- An algorithm for building and experimenting 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.
- Applicability of an algorithm for studying the efficiency of the integration of HTTPS, MQTT and MQTT-SN protocols has been proposed, implemented and verified.
- The performance of the protocols for integration of sensor data to cloud HTTP, HTTPS, MQTT and MQTT-SN was 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 transmitted data to the cloud.

b) Applied contributions

- 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.
- Proposed model of sensor network for remote health care, through monitoring of diabetic condition, based on IoT technology.
- Proposed model of a simulation system for integration of sensory data from biosensors for monitoring insulin levels.

6. Evaluation of the personal participation of the applicant in the contributions

The dissertation submitted to me for review undoubtedly contains scientifically applied and applied contributions, as they were presented at scientific forums in Bulgaria and abroad and in scientific journals and received the necessary publicity and were reviewed by independent reviewers. A total of 9 co-authored publications have been made on the dissertation, one of which is in Bulgarian, the rest in English. Five of the publications are referenced in Scopus, Web of Science, two in NACID, two in international secondary databases Google Scholar, EBSCO, Crossref, Publons, DOAJ. The publication under number [A1] is in a Q3 journal with SJR 0.18. The publication under number [A4] has generated 4 citations, and the publication [A5] has one noted citation, which proves the applicability of

the dissertation and the assessment of the international scientific community for the contribution of the dissertation and the work of the doctoral student.

7. Evaluation of the publications on the dissertation

There is one independent publication on the dissertation. The 9 publications on the dissertation were made in the period 2018 - 2020: 1 article in the International Journal of Online and Biomedical Engineering, indexed in Scopus, Web of Science with SJR 0.18 and quartile Q3; 1 article in the Multidisciplinary Journal of Science, Education and Art, indexed in the NACID database, 1 article in the Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology, indexed in Ebsco, Google scholar, Crossref, Publons, DOAJ . 6 articles are in proceedings of papers presented at international or international scientific conferences. Of these, 3 publications are indexed in the Scopus database. The indicated works by number and place of publication fully cover the requirements for acquiring scientific and educational title "Doctor".

8. Use of the achieved results of the thesis in the scientific and social practice

None

9. Notes and suggestions

The dissertation has reached interesting scientifically applied and applied results. Obviously, there is a lot of room for their practical application in everyday life.

Regarding the presented final version of the dissertation I have the following notes and questions:

a) It is advisable, especially for publications in international journals and indexed in Scopus / Web of Science, to seek the permission of the original author to use figures and graphics. Such information is not provided for the present dissertation.

b) In Chapter 1, point 1.8, the doctoral student draws an important conclusion: "An important problem with sensor networks is the generation of huge amounts of sensor data, limited computing power and limited capacity of sensor networks, and hence another problem related to network life." In the same chapter the different types of wireless sensors that generate heterogeneous signals are discussed. Have the proposed time-sensitive IoT applications examined in Chapters 2 and 3 taken into account the influence of the heterogeneous nature of the signals and how this would change the time parameters and the distribution of energy resources?

c) The formulas in Chapter 2 are not clearly explained in the text and it is not clear who their original source is. For example (2.29) and (2.30).

d) Copying code in the dissertation is not necessary (included in the appendices) - for example fig. 3.12. In scientific papers, if necessary, you are betting on a pseudo-code.

e) In Chapter 3, point 3.4.4, an algorithm for examining the security of the transmitted data from the sensor network to the cloud is tested, and in step 7 the workability of the algorithm for transmitting encrypted data is tested, the results of which are of particular importance on trust through SSL / TLS-encrypted traffic are already common and increasing in frequency and complexity. The low-risk nature and popularity of SSL / TLS ensures that these trends continue, exposing organizations to the risk of system breaches, failed audits, and unplanned downtimes. In the presented experiment no attempt is made to break the chosen security protocol in order to prove its effectiveness. Are there any alternatives to the TLS protocol? Because most modern cryptographic algorithms are designed for desktop / server environments, many of these algorithms cannot be implemented in the devices used by BSM. When current algorithms can be designed to fit into the limited resources of limited environments, their performance is usually not acceptable. Has the idea of Lightweight

Cryptography been explored: Masanobu Katagi and Shiho Moriai, Lightweight Cryptography for the Internet of Things, Sony Corporation, 2008.

The remarks made do not diminish the significance of the results.

10. Conclusion

Martin Pandurski's dissertation has a number of merits in the experimental application. In general, the dissertation issues good competence on the set topic and after the remarks and comments will meet the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations of South West University "Neofit Rilski" for its implementation. Based on the above-mentioned merits and contributions of the dissertation, I consider that they are a good reason for the assigning the educational and scientific degree „Doctor” to M. Sc. Eng. Martin Pandurski. This is why, I propose the reputable members of the Scientific Jury to join my positive evaluation and to vote „YES“.

31.03.2022
Sofia

Member of scientific jury:
/assoc. prof. Agata Manolova, PhD/