

АНОТАЦІЯ

Гаваньо Б.І. Методи та засоби оцінювання стану людини в медичних кіберфізичних системах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» (12 «Інформаційні технології»). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2021.

Дисертація присвячена розв'язанню актуального науково-технічного завдання розроблення методів та засобів оцінювання стану людини на основі обробки вимірних життєвих показників сенсорами в медичній кіберфізичній системі.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету дослідження та науково-технічні завдання, необхідні для її досягнення, показано зв'язок дослідження з науковими програмами та темами, наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність та особистий внесок здобувача, надано інформацію про апробацію результатів роботи.

В першому розділі проведено аналіз існуючих підходів до побудови медичних кіберфізичних систем, а саме їх структури та архітектурних рішень серверного програмного забезпечення. Аналіз показав, що при проектуванні та реалізації медичних КФС, потрібно враховувати, що медичні дані є великими даними, а їх обробка повинна відбуватись паралельно. Згідно проведеному аналізу визначено архітектурні та функціональні вимоги до медичних КФС. Проведено аналіз принципів зберігання даних в медичних КФС. Постановлено задачі оцінювання стану людини.

У другому розділі запропоновано засоби обробки інформації в медичних кіберфізичних системах, результат виконання функцій яких є оцінюванням стану людини. Запропоновано модель обробки інформації в медичних КФС. Для розмежування засобів обробки інформації на окремі незалежні логічні елементи запропонована модель обробки інформації базується на основі мікросервісної архітектури, де кожен засіб є у вигляді мікросервісу. Запропоновано метод

виявлення критичних подій в медичній кіберфізичній системі, який базується на одному з найбільш використовуваних посібників EWS та агрегованій оцінці життєвих показників стану людини. Запропоновано алгоритм класифікації пацієнтів та алгоритм діагностики захворювань.

У третьому розділі, згідно запропонованим моделі та засобам обробки інформації, пропонується структура медичної кіберфізичної системи. З даної структури виділено запропоновану архітектурно-інформаційну модель обробки інформації, яка базується на моделі обробки даних, в основі якої лежить мікросервісна архітектура з використанням API шлюзу. Проведено опис функціональних елементів архітектурно-інформаційної моделі обробки інформації. Чітка взаємодія функціональних елементів в архітектурно-інформаційній моделі обробки інформації є засобом оцінювання стану людини в медичній кіберфізичній системі. Описано бізнес логіку роботи медичної КФС, а саме систему зв'язків та залежностей елементів бізнес-даних та правил обробки цих даних.

У четвертому розділі описано реалізацію серверного програмного забезпечення медичної кіберфізичної системи, яке базується на запропонованій архітектурно-функціональній моделі обробки інформації. Реалізовано засіб автентифікації та авторизації користувачів; сервіс декларування фонових задач; засіб сповіщення про події, використовуючи 2 канали зв'язку; засіб виявлення критичних показників, в основі якого лежить запропонований метод виявлення критичних показників; засіб, який включає адаптовані алгоритми класифікації пацієнтів та діагностики захворювань; засоби обробки та агрегації вимірних показників. Описано принципи організації зберігання даних в реалізованій медичній кіберфізичній системі, з використанням сховищ різного типу, в залежності від потреби засобів обробки інформації. Описано принцип роботи медичної кіберфізичної системи «HealthyLungs», в якій впроваджувались запропоновані методи, засоби та модель обробки інформації.

Ключові слова: медична кіберфізична система, оцінювання стану людини, життєві показники, обробка та зберігання медичних даних, мікросервісна архітектура, моніторинг стану людини, виявлення критичних показників.

ABSTRACT

Havano B.I. Methods and means of assessing the human condition in medical cyberphysical systems. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

The thesis for the Philosophy Doctor (Ph.D.) degree in specialty 123 «Computer Engineering» (12 «Information Technology»). – Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, 2021

The thesis is devoted to the solution of the actual scientific and technical task of development of methods and means of assessing the human condition on the basis of processing of the measured vital indicators by sensors in medical cyberphysical systems.

The introduction substantiates the relevance of the topic of dissertation research, formulates the purpose of research and scientific and technical tasks necessary for its achievement, shows the connection of research with scientific programs and topics, presents the scientific novelty of the results, their practical value and personal contribution of the applicant. approbation of work results.

The first section analyzes the existing approaches to the construction of medical cyberphysical systems, namely their structure and architectural solutions of server software. The analysis showed that in the design and implementation of medical CPS, it should be borne in mind that medical data is big data, and their processing should take place in parallel. According to the analysis, the architectural and functional requirements for medical CPS are determined. The analysis of the principles of data storage in medical CPS is carried out. The tasks of assessing the human condition are set.

The second section proposes means of information processing in medical cyberphysical systems, the result of which is to assess the human condition. A model of information processing in medical CPS is proposed. To differentiate the means of information processing into separate independent logical elements, the proposed model of information processing is based on a microservice architecture, where each tool is in the form of a microservice. A method for detecting critical events in the medical cyberphysical system has been proposed, which is based on one of the most widely

used EWS manuals and an aggregated assessment of human vital signs. An algorithm for classifying patients and an algorithm for diagnosing diseases are proposed.

In the third section, according to the proposed model and means of information processing, the structure of the medical cyberphysical system is proposed. From this structure the offered architectural-information model of information processing which is based on model of data processing which is based on microservice architecture with use of API of the gateway is allocated. The description of functional elements of architectural-information model of information processing is carried out. Clear interaction of functional elements in the architectural-information model of information processing is a means of assessing the human condition in the medical cyberphysical system. The business logic of medical CPS is described, namely the system of connections and dependencies of business data elements and rules of data processing.

The fourth section describes the implementation of server software for medical cyberphysical system, which is based on the proposed architectural and functional model of information processing. Implemented a means of authentication and authorization of users; background task declaration service; event notification tool using 2 communication channels; a means of detecting critical indicators, which is based on the proposed method of detecting critical indicators; a mean that includes adapted algorithms for patient classification and disease diagnosis; means of processing and aggregation of measured indicators. The principles of the organization of data storage in the realized medical cyberphysical system, with use of storages of different type, depending on need of means of information processing are described. The principle of operation of the medical cyberphysical system "HealthyLungs" is described, in which the proposed methods, means and model of information processing were implemented.

Key words: medical cyberphysical system, assessment of human condition, vital signs, processing and storage of medical data, microservice architecture, human condition monitoring, detection of critical indicators.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Melnyk Anatoliy, Morozov Yuriy, Havano Bohdan, Hupalo Petro. Investigation of wireless pulse oximeters for smartphone-based remote monitoring of lung health // *Advances in Cyber-Physical Systems*. – 2020. – Vol. 5, № 2. – p. 70–76.
2. А. О. Мельник, Ю. В. Морозов, Б. І. Гаваньо, П. А. Гупало. Біомедична кіберфізична система цілодобового моніторингу функцій легень у пацієнтів із COVID-19 // *Комп'ютерні системи та мережі*. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. — Том 2. — № 1. — С. 1–5.
3. Anatoliy Melnyk, Yurii Morozov, Bohdan Havano, Petro Hupalo HealthSupervisor: Mobile Application for Round-the-Clock Remote Monitoring of the Human Functional State // *The 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2021)*. CEUR-WS, 2021, Vol-2853, p. 24-37
4. Гаваньо Б. І. Assessing the Human Condition in Medical Cyber-Physical System Based on Microservices Architecture // *Досягнення у кіберфізичних системах*. – 2021. – Vol. 6, № 2. – С. 112–120

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. А. О. Мельник, Ю. В. Морозов, Б. І. Гаваньо, П. А. Гупало. Мобільні додатки для цілодобового віддаленого моніторингу лікарями функцій легень пацієнтів // *Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції, 07–09 жовтня 2020 р., м. Запоріжжя*. – 2020. – С. 83–84
6. Havano B. Problems of privacy and security in cyber physical systems of intellectual houses / Bohdan Havano // *Litteris et Artibus : proceedings, 23–25 November 2018 (10th International academic conference “Computer science & engineering 2018”)*, Lviv. — Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2018. — P. 58–59.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

7. Havano Bohdan, Kytsun Hennadiy, Tkachyk Oleksandr. Web-server cross-site request forgery protection // Perspectives of science and education : proceedings of the 7th International youth conference, 10th May, 2020 New York, USA. – 2020. – С. 9–16
8. Гаваньо Б. І. Проблеми конфіденційності та безпеки в кіберфізичних системах інтелектуальних будинків // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія: Комп’ютерні системи та мережі. 2018. № 905. С. 49–55.
9. Valerii Hlukhov, Bohdan Havano. FPGA-based Digital Quantum Coprocessor. Advances in Cyber-Physical Systems. Volume 3. Number 2. Lviv Polytechnic National University. 2018. p. 12–31.
10. Valerii Hlukhov, Bohdan Havano. Principles of Digital Quantum Coprocessor Based on a FPGA, which Operates under the Control of a Classical Computer // 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). IEEE, 2019, p. 191-194
11. Патент України на корисну модель №148157, «Біомедична система для цілодобового віддаленого моніторингу уповноваженою особою показників функціонального стану організму клієнта», заявка №u202008053 від 16.12.2020, А. О. Мельник, Ю. В. Морозов, Б. І. Гаваньо, П. А. Гупало.