

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**

**Admisă la susținere
Șefă departament :
Tîrșu Valentina, conf. univ., dr.**

„_____” _____ 2024

**Proiectarea sistemului IoT de monitorizare a
parametrilor de păstrare produselor farmaceutice pe
parcursul transportării**

**Проектирование IoT системы для мониторинга
параметров содержания фармакологической
продукции при ее транспортировке**

Teză de master

Studentă:

**Mirovskaia Irina,
gr. MMRT-221M**

Conducător:

**Șestacova Tatiana
conf. univ., dr.**

Chișinău, 2024

ADNOTARE

Autor: Mirovskaia Irina, grupa MMRT-221M

Temă: Proiectarea unui sistem IoT pentru monitorizarea parametrilor conținutului produselor farmaceutice în timpul transportului.

Structura lucrării: Pagina de titlu, Declarație, Anunț, Cuprins, 3 secțiuni, Concluzie și Bibliografie.

Cuvinte cheie: IoT, monitorizarea temperaturii și umidității în logistică; interfață de comunicare RS485, senzori de parametri.

Domeniul de cercetare: Dezvoltarea sistemelor IoT pentru asigurarea calității și integrității produselor în timpul transportului.

Scopul lucrării: Proiectarea unui sistem IoT pentru monitorizarea parametrilor conținutului produselor farmaceutice în timpul transportului.

Obiectivele generale:

1. Analiza integrării tehnologiilor IoT în logistica transportului produselor farmaceutice.
2. Studiarea și analizarea cerințelor și specificațiilor industriei farmaceutice conform legislației privind transportul produselor medicale.
3. Dezvoltarea topologiei sistemului IoT pentru monitorizarea parametrilor conținutului produselor farmaceutice.
4. Selecția senzorilor și a echipamentului pentru sistemul de monitorizare a parametrilor conținutului produselor farmaceutice în timpul transportului.
5. Dezvoltarea părții hardware a sistemului, inclusiv integrarea senzorilor, microcontrolere, module de comunicație fără fir și a altor echipamente în rețeaua IoT.
6. Configurarea software-ului pentru gestionarea proceselor de colectare, transmitere și prelucrare a datelor în sistem.
7. Integrarea și implementarea sistemului, inclusiv instalarea și configurarea.

Metode aplicate: Metode de sinteză și analiză, principii de proiectare a sistemelor, analiză SWOT.

Rezultate obținute: S-au studiat aspectele integrării tehnologiilor IoT în logistica transportului produselor farmaceutice, s-au analizat cerințele și specificațiile acestora, s-a efectuat o analiză SWOT a sistemului, pe baza căreia a fost dezvoltată topologia sistemului de monitorizare IoT, au fost selectați senzorii și echipamentele, s-a configurat software-ul sistemului, s-au examinat aspectele de integrare și implementare a sistemului de monitorizare.

ABSTRACT

Author: Mirovskaia Irina, group MMRT-221M

Topic: Designing an IoT system for monitoring the parameters of pharmaceutical products during transportation.

Structure of the work: Title page, Declaration, Announcement, Contents, 3 sections, Conclusion, and Bibliography.

Keywords: IoT, monitoring temperature and humidity in logistics; RS485 communication interface, parameter sensors.

Research area: Development of IoT systems to ensure the quality and integrity of products during transportation.

Objective of the work: Designing an IoT system for monitoring the parameters of pharmaceutical products during transportation.

Tasks:

1. Analysis of the integration of IoT technologies into the logistics of pharmaceutical transportation.
2. Study and analysis of requirements and specifications of the pharmaceutical industry according to legislation in the field of medical product transportation.
3. Development of the topology of the IoT system for monitoring the parameters of pharmaceutical products.
4. Selection of sensors and equipment for the monitoring system of the parameters of pharmaceutical products during transportation.
5. Development of the hardware part of the system, including the integration of sensors, microcontrollers, wireless communication modules, and other equipment with the IoT network.
6. Configuration of the software for managing the processes of data collection, transmission, and processing in the system.
7. Integration and implementation of the system, including installation and configuration.

Methods used: Methods of synthesis and analysis, system design principles, SWOT analysis.

Results obtained: Issues of integrating IoT technologies into the logistics of pharmaceutical transportation were studied, requirements and specifications were analyzed, a SWOT analysis of the system was conducted, based on which the topology of the IoT monitoring system was developed, sensors and equipment were selected, software of the system was configured, and issues of integration and implementation of the monitoring system were examined.

АННОТАЦИЯ

Автор: Mirovskaia Irina, группа MMRT-221M

Тема: Проектирование IoT системы для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при ее транспортировке

Структура работы: Титульный лист, Декларация, Аннотация, Содержание, 3 раздела, Заключение и Библиография.

Ключевые слова: IoT, мониторинг температуры и влажности в логистике; интерфейс связи RS485, датчики параметров

Область исследований: Разработка IoT-систем для обеспечения качества и целостности продукции во время её транспортировки.

Цель работы: Проектирование IoT системы для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при ее транспортировке

Задачи:

1. Проведение анализа вопросов интеграция IoT-технологий в логистику транспортировки фармацевтической продукции.
2. Исследование и анализ требований и спецификаций фармацевтической индустрии согласно законодательству в области транспортировки медицинской продукции.
3. Разработка топологии системы IoT системы мониторинга параметров содержания фармакологической продукции.
4. Выбор сенсоров и оборудования системы мониторинга параметров содержания фармакологической продукции в процессе транспортировки.
5. Разработка аппаратной части системы, включая интеграцию сенсоров, микроконтроллеров, беспроводных модулей связи и другого оборудования с сетью IoT.
6. Настройка программного обеспечения для управления процессами сбора, передачи и обработки данных в системе.
7. Интеграция и внедрение системы, включая установку и настройку.

Применяемые методы: методы синтеза и анализа, принципы проектирования систем, SWOT-анализ.

Полученные результаты: Исследованы вопросы интеграции IoT-технологий в логистику транспортировки фармацевтической продукции, проанализированы требования и спецификации к ней, проведён SWOT-анализ системы, на базе которых разработана топология IoT системы мониторинга, выбраны датчики и оборудование, произведена настройка программного обеспечения системы, рассмотрены вопросы интеграции и внедрения системы мониторинга.

Cuvinte cheie: IoT, monitorizarea temperaturii și umidității în logistică; interfață de comunicare RS485, senzori de parametri.

Keywords: IoT, monitoring temperature and humidity in logistics; RS485 communication interface, parameter sensors.

Ключевые слова: IoT, мониторинг температуры и влажности в логистике; интерфейс связи RS485, датчики параметров

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 ИНТЕГРАЦИЯ ИОТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИКУ ТРАНСПОРТИРОВКИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ	13
1.1 Логистика в фармацевтической области.....	13
1.2 Основные принципы холодной цепи.....	14
1.3 Организация логистики, основанной на IoT-технологиях	18
1.4 Обобщенная архитектура интернета вещей.....	19
1.5 Анализ актуальных вопросов в области фармацевтической индустрии и проектирования IoT систем.....	24
1.6 Цели и задачи проекта	25
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИОТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА УСЛОВИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ	27
2.1 Анализ законодательства Республики Молдова в области хранения и транспортировки медикаментов.....	27
2.2 SWOT-анализ для проектирования IoT-системы мониторинга транспортировки фармакологической продукции	30
2.3 Выбор компонентной базы IoT	34
2.4 Разработка аппаратной части и топологии системы мониторинга.....	43
2.5 Настройка программного обеспечения.....	50
3 ИНТЕГРАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ IoT СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА	51
3.1 Общие сведения о терминале Omnicomm Profi 3G.....	51
3.2 Установка оборудования.....	53
3.3 Настройки параметров системы.....	58
3.4 Регулировка параметров работы.....	60
3.5 Настройка сервисных функций.....	68
3.6 Дополнительное оборудование.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
БИБЛИОГРАФИЯ	83

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху современных технологий здравоохранение сделало значительные шаги в разработке и распространении фармацевтической продукции. Однако одной из самых критических проблем, с которыми сталкивается фармацевтическая индустрия, является обеспечение качества и целостности продукции во время её транспортировки. Изменения температуры, влажности и другие неконтролируемые факторы могут серьёзно повлиять на эффективность и безопасность лекарственных средств. Для решения этой критической проблемы данная работа сосредотачивается на проектировании и внедрении системы интернета вещей (IoT) для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при её транспортировке.

С помощью технологии IoT можно собирать и анализировать данные с сенсоров, размещенных в упаковках фармацевтической продукции, обеспечивая полный контроль над средой, в которой она транспортируется. Это позволит фармацевтическим компаниям принимать мгновенные меры в случае обнаружения нарушений параметров безопасности, обеспечивая тем самым целостность лекарств и, следовательно, безопасность пациентов.

В работе рассматриваются вопросы проектирования аппаратных и программных средств, внедрения и тестирования IoT системы для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при её транспортировке.

Тема работы по проектированию IoT системы для мониторинга является актуальной и критически важной в контексте современной медицинской и фармацевтической индустрии. Ключевыми аспектами, обуславливающими актуальность темы являются следующие:

1. *Гарантирование качества продукции:* Фармацевтические продукты, включая вакцины, жизненно важные лекарства и другие медицинские препараты, требуют строгого контроля температуры, влажности и других факторов окружающей среды для поддержания их эффективности и безопасности. Даже небольшие изменения в условиях транспортировки могут повлиять на качество продукции.

2. *Соблюдение регулирования:* Многие страны и международные организации устанавливают строгие стандарты для транспортировки фармацевтических продуктов, включая требования к мониторингу и отчетности. Несоблюдение этих норм может привести к серьезным последствиям, включая потерю лицензии и угрозу здоровью пациентов.

3. *Значение цифровой технологии:*

Время, когда мониторинг транспортировки фармацевтических продуктов ограничивался ручными измерениями и записями, давно прошло. С развитием IoT и

сенсорных технологий стало возможным автоматизировать и усовершенствовать мониторинг в реальном времени, что снижает риск ошибок и обеспечивает более надежный контроль.

4. Эффективность логистики:

Современная фармацевтическая индустрия характеризуется глобальной дистрибуцией продуктов, и многие фармацевтические компании снабжают медицинские продукты на мировом рынке. Это означает, что продукция часто перевозится на большие расстояния, что повышает риски для её качества и безопасности.

Помимо обеспечения качества и безопасности, IoT системы для мониторинга транспортировки также могут улучшить эффективность логистики фармацевтической индустрии. Они позволяют более точно планировать маршруты, управлять запасами и предотвращать потери.

Фармацевтические продукты часто перевозятся между странами, и это создает дополнительные сложности из-за различий в климатических условиях и регулировании, законодательных аспектах разных стран. IoT системы могут помочь адаптироваться к этим различиям и обеспечить непрерывность цепи поставок.

5. Акцент на безопасности пациентов и забота о здоровье пациентов: Ошибки в транспортировке фармацевтических продуктов могут иметь серьезные последствия для здоровья пациентов. В связи с этим уделяется особое внимание безопасности и качеству продукции на каждом этапе цепи поставок. Качество и безопасность фармацевтических продуктов непосредственно связаны с заботой о здоровье пациентов. Надежный мониторинг за поддержанием необходимых условий в процессе транспортировки помогают предотвратить подачу некачественных или поврежденных лекарственных средств пациентам.

6. Изменения в медицинской практике: Современные тенденции в медицинской практике включают в себя использование биологических и биотехнологических продуктов, таких как биосимиляры и вакцины. Эти продукты чувствительны к изменениям окружающей среды еще более, и надежный мониторинг становится обязательным.

7. Учет разнообразных фармакологических продуктов: Фармацевтическая индустрия производит разнообразные лекарственные средства, включая термочувствительные вакцины, биологические препараты, жидкие лекарства и другие. Каждый из этих продуктов может иметь свои уникальные требования к транспортировке, что подчеркивает необходимость разнообразных решений мониторинга.

8. Снижение финансовых потерь: Потеря фармацевтической продукции из-за ненадежных условий транспортировки может обернуться серьезными финансовыми

потерями для производителей, поставщиков и так далее до конечного бенефициара. Инвестирование в IoT системы мониторинга является экономически обоснованным шагом для снижения рисков.

9. *Совершенствование технологий IoT*: С развитием технологий IoT появляются новые возможности для усовершенствования систем мониторинга. Это включает в себя более точные и надежные датчики, аналитику больших данных и возможность принимать автоматизированные решения на основе данных в реальном времени.

10. *Забота об окружающей среде*: Не только качество и безопасность продукции, но и экологические аспекты транспортировки становятся все более важными. Оптимизированные маршруты и условия транспортировки могут помочь сократить влияние фармацевтической логистики на окружающую среду.

11. *Усиление роли данных и аналитики*: IoT системы собирают огромные объемы данных в реальном времени, что позволяет фармацевтическим компаниям анализировать и использовать эти данные для оптимизации логистики, управления запасами и повышения эффективности транспортировки.

12. *Инновационные технологии и развитие IoT*: С появлением новых технологий и развитием сети IoT, возможности для улучшения систем мониторинга продукции продолжают расти. Интеграция искусственного интеллекта, блокчейна и других современных технологий могут сделать мониторинг и транспортировку более надежными и прозрачными.

Проектирование IoT системы для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при ее транспортировке не только актуально, но и необходимо для обеспечения высокого уровня качества и безопасности фармацевтических продуктов в современном мире, где эффективное и надежное здравоохранение играет ключевую роль в жизни людей.

Исходя из всех этих факторов, актуальность темы проектирования IoT системы для мониторинга параметров содержания фармакологической продукции при ее транспортировке продолжает расти. Это ключевой элемент обеспечения высоких стандартов качества и безопасности медицинских продуктов, что является важным аспектом современной медицины и общественного здоровья.

Целью работы является разработка инновационного решения для проектирования IoT системы, позволяющей осуществлять мониторинг в режиме реального времени температуры, влажности и других критических факторов, которые могут повлиять на фармацевтическую продукцию во время её транспортировки.

Для решения поставленной задачи необходимо решить следующее:

1. Проведение анализа вопросов интеграция IoT-технологий в логистику транспортировки фармацевтической продукции.
2. Исследование и анализ требований и спецификаций фармацевтической индустрии согласно законодательству в области транспортировки медицинской продукции.
3. Разработка топологии системы IoT системы мониторинга параметров содержания фармакологической продукции.
4. Выбор сенсоров и оборудования системы мониторинга параметров содержания фармакологической продукции в процессе транспортировки в зависимости от спецификации продукции и требований клиента.
5. Разработка аппаратной части системы, включая интеграцию сенсоров, микроконтроллеров, беспроводных модулей связи и другого оборудования с сетью IoT.
6. Настройка программного обеспечения для управления процессами сбора, передачи и обработки данных в системе.
7. Интеграция и внедрение системы, включая установку и настройку.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. П.А. КОКУНИН, И.И. ЛАТЫПОВ, Л.С. ЛАТЫПОВА. – *Введение в интернет вещей*. Казань: Издательство Казанского университета, 2022– 147 с. ISBN 978-5-00130-649-8
2. БАРКОВА, Н. Ю. *Проблемы логистического аутсорсинга и учет отраслевой специфики бизнеса при принятии решения об аутсорсинге*. Вестник университета. – 2018. – № 4. – С. 68-74.
3. ȚURCANU D., NISTIRIUC P., CHIHAU A., ȚURCANU T. *Intelligent Traffic Management – Chisinau Smart City*. 5th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2015. Chisinau, 20-23 May 2015. p.17-20.
4. ANGELES, R. *RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues//Information Systems Management*. – 2005. – Vol. 2 (1). – Pp. 51-65.
5. CHUAN-HENG, S. *Anti-counterfeit code for aquatic product identification for traceability and supervision in China* / S. CHUAN-HENG, L. WEN-YONG, Z. CHAO, L. MING, J. ZENG-TAO//Food Control. – 2014. – Vol. 37. – Pp. 126-134.
6. KELEPOURIS, T. *RFID-enabled traceability in the food supply chain//Industrial Management & Data Systems*. – 2007. – Vol. 107. – Pp. 183-200.
7. XIAO X., HE Q., FU Z. *Applying CS and WSN methods for improving efficiency of frozen and chilled aquatic products monitoring system in cold chain logistics*. Food Control, 2016, Vol. 60, pp. 656-666.
8. XIAOQIANG, S. *New Hierarchical Architecture for Ubiquitous Wireless Sensing and Access With Improved Coverage Using CWDM-ROF Links* / S. XIAOQIANG, X. KUN, S. L. XI, D. YITANG, W. JIAN//Journal of Optical Communications and Networking. – 2011. – Vol. 3. – № 10. – Pp. 790-796.
9. ANIKIN B. A., BARKOVA N. YU. *Metodicheskie rekomendatsii po upravleniyu tsepyami postavok v industrii mody [Guidelines for supply chain management in the fashion industry]*. Logistika [Logistics], 2017, I. 2, pp. 140-143.
10. NASTASIEVICH I., LAKITSEVICH B. *Upravlenie kholodil'noi tsep'yu pri postavkakh myasa. Starye i novye strategii [Cold chain management in meat supply. Old and new strategies]. Teoriya i praktika pererabotki myasa [Theory and Practice of Meat Processing]*, 2017, I. 5, pp. 115-118.
11. БАРКОВА Н.Ю., ЖЕРЕГА Д.Д., ПОПОВА Е.А., ЛОГАЧЁВА В.П. *Применение интернета вещей в цепях поставок фармацевтической индустрии*. Вестник университета. 2019. № 9. С. 68-74.

12. РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПРИКАЗ № 1400 от 09-12-2014 об утверждении Правил надлежащей дистрибьюторской практик лекарств (GDP) для человека. 16-01-2015, Monitorul Oficial № 1-10 статья № 07. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=88480&lang=ru
13. HYPER – Интернет платформа. Disponibil: https://hiper-power.com/ru/catalog/umnyy-dom/arkhiv_umni_dom/umnyu-datchik-otkrytiya-hiper-iot-d1/
14. АЛЕКСЕЙ ШАЛАГИНОВ - Обобщённая архитектура Интернета Вещей IoT. [citat 11.09.2022]. Disponibil: <https://shalaginov.com/2022/11/09/iot-general-architecture/>
15. SMART ELEMENTS - Интернет платформа. © 2014-2023 УмныеЭлементы. [citat 11.11.2023] Disponibil: <https://smartelements.ru/collection/datchiki-i-sensory/product/datchik-temperature-i-vlazhnosti-sht30>
16. Рекомендация МСЭ-Т Y.2060. [citat 15.06.2012]. Disponibil : https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-R&type=items
17. OMNICOMM - Комплексные решения для мониторинга транспорта. © 2016 – 2022. Disponibil: <https://www.omnicomm.ru/>