

УДК 004.07

## Розробка мережевої інфраструктури IoT на базі сенсорної мережі розподілених датчиків для вимірювання радіаційного забруднення з використанням багаторівневої архітектури

М.Г.Стервоєдов, В.Л.Терьохін

**Стервоєдов  
Микола  
Григорович**

*к.т.н., доцент; завідуючий кафедри електроніки та управляючих систем  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,  
Майдан Свободи 4, Харків-22, Україна, 61022  
e-mail: [stervoyedov@yahoo.com](mailto:stervoyedov@yahoo.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-0136-6437>*

**Терьохін  
Віталій  
Леонідович**

*аспірант кафедри електроніки та управляючих систем  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна,  
Майдан Свободи 4, Харків-22, Україна, 61022  
e-mail: [kbs-com@karazin.ua](mailto:kbs-com@karazin.ua)  
<https://orcid.org/0000-0001-7653-4488>*

У цій статті розроблено підходи до створення мережевої інфраструктури на базі сенсорної мережі розподілених датчиків для радіаційного контролю забруднення навколишнього середовища. Фундаментальні рішення IoT характеризує себе як частина невідмінного життя людей у нашій країні, та не тільки. Встановлення зв'язку між пристроями та мережею. У статті проаналізовано та розроблено принципові схеми та уніфіковані підходи до побудови повноцінної системи розподілених датчиків які можуть з'єднуватися між собою по бездротовим канал. Використовуючи хмарні сервіси система виходить на новий рівень взаємозв'язків між користувачем та додатком. Автономне керування мережею повинна передбачати різні аспекти, які в ній закладені таких як, серед яких можна зазначити: самоуправління, автоматичне налаштування, автоматичне усунення проблем, а також усунення проблем живлення. Ці передумови є найважливішими у сій сукупності пристроїв. Також система відповідає комунікації користувача та додатків, а перш за все в створенні захищених каналів зв'язку, бо у сьому світі постала загроза саме кібербезпеці середовища та додатків, які до цього залучені та сприяння недостовірної інформації може повести за собою великі витрати кошт на усунення статті розглянуто здатність реагування локацією та комунікацію приладів та користувачів та відповідати потребам безпеки у встановленні обладнання. Окремі частини системи IoT, що зазвичай працюють автоматично, надають можливість уповноваженим особам проводити необхідні налаштування та вимірювання. Розглянуто багаторівневості IoT для управління передачі, прийому та обробки даних. Стаття є доповнення до інших статей за цією тематикою інфраструктури та розгалужено є повноцінною архітектурою сенсорної мережі з використання провідних мікроконтролерів які на багато випереджають свій час. А використання сучасних протоколів на багато років дає можливість впровадження цієї системи не тільки на території України. Мережі комунікації передають дані, отримані з підключених пристроїв, а також інструкції від програм, іншим частинам системи. Вони надають можливості для надійної та ефективної передачі даних. Інфраструктура мережі IoT може бути реалізована як за допомогою існуючих мереж та протоколів обміну даними, наприклад, протоколу TCP/IP, так і на мережах що у цей час проходять стадію розробки, таких як мережі нового покоління (NGN). Складні мережі застосовують новітні підходи до управління систем.

**Ключові слова:** радіаційний моніторинг, мікроконтролерний дозиметр, детектор, мікроконтролер, напівпровідникові сенсори, зарядо - чутливий підсилювач, хмарні сервіси, віддалений доступ користувачів, сенсорні мережі, Інтернет речей.

## Development of an IoT network infrastructure based on a sensor network of distributed sensors for measuring radiation pollution using a multi-level architecture

M. Stervoyedov, V. Terokhin

**Stervoyedov Nikolay**

*PhD (Technology), associate Professor; Head of the Department of electronics and control systems, V. N. Karazin Kharkiv national University, 6 Svobody square, Kharkiv-22, Ukraine, 61022*

**Terokhin Vitaliy***Aspirant of the Department of electronics and control systems, V. N. Karazin Kharkiv national University, 6 Svobody square, Kharkiv-22, Ukraine, 61022*

Approaches to creating a network infrastructure based on a network of distributed sensors for radiation monitoring of environmental pollution have been developed in the article. Fundamental solutions IoT is characterized as integral part of the peoples' live not only in Ukraine but a whole world. The article analyzes and develops schematic diagram and unified approaches to building a full-fledged system of distributed sensors that can be wirelessly connected to each other. By using cloud services, a new level of interaction between the user and the application has been reached. Autonomous network management should provide for various aspects such as: self-management, automatic configuration, automatic troubleshooting, as well as power management. These prerequisites are essential for this set of devices. The system is responsible for communication between the user and applications, and above all for creating secure communication channels, because the issue of cybersecurity is of extreme importance and data breaches can cause environmental risks and huge expenses. The article examines the ability to respond to location, provide communication between devices and users and meet the security needs of the equipment installation. Individual parts of the IoT system, which usually work automatically, allow authorized persons to provide the necessary configurations and measurements. The multilevel nature of IoT for managing transmission, reception, and data processing has been considered. The article supplements previous articles on the topic of full-fledged sensor network architecture where the modern microcontrollers are used. Using modern protocols makes it possible to present this system on the world market. Communication networks transmit data received from connected devices, as well as program instructions to other parts of the system; therefore providing opportunities for reliable and efficient data transmission. The IoT network infrastructure can be implemented through existing networks and data exchange protocols, such as TCP/IP, and on currently developed networks, such as next-generation networks (NGN). The latest approaches to system management are applied.

**Keywords:** radiation monitoring, microcontroller, dosimeter, detector, microcontroller, semiconductor sensors, charge-sensitive amplifier, cloud services, remote user access, sensor networks, IoT.

## **Разработка сетевой инфраструктуры IoT на базе сенсорной сети распределенных датчиков для измерения радиационного загрязнения с использованием многоуровневой архитектуры**

Н.Г.Стервоедов, В.Л.Терехин

**Стервоедов  
Николай  
Григорьевич**

*к.т.н., доцент; заведующий кафедры электроники  
и управляющих систем  
Харковский национальный университет имени В.Н.Каразина,  
Площадь Свободы 4, Харьков-22, Украина, 61022  
e-mail: [stervoyedov@yahoo.com](mailto:stervoyedov@yahoo.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-0136-6437>*

**Терехин  
Виталий  
Леонидович**

*аспирант кафедры электроники и управляющих систем  
Харковский национальный университет имени В.Н.Каразина,  
Площадь Свободы 4, Харьков-22, Украина, 61022  
e-mail: [kbs-com@karazin.ua](mailto:kbs-com@karazin.ua)  
<https://orcid.org/0000-0001-7653-4488>*

В этой статье разработаны подходы к созданию сетевой инфраструктуры на базе сенсорной сети распределенных датчиков для радиационного контроля загрязнения окружающей среды. Фундаментальные решения IoT характеризуют себя как часть неотъемлемой жизни людей в нашей стране и не только. Установка связи между устройствами и сетью. В статье проанализированы и разработаны принципиальные схемы и унифицированные подходы к построению полноценной системы распределенных датчиков, которые могут соединяться между собой по беспроводным канал. Используя облачные сервисы, система выходит на новый уровень взаимосвязей между Пользователем и приложением. Автономное управление сетью должно предусматривать различные аспекты, которые в ней заложены таких как, среди которых можно отметить: самоуправление, автоматическая настройка, автоматическое устранение проблем, а также устранение проблем питания. Эти предпосылки являются важнейшими в этой совокупности устройств. Также система соответствует коммуникации пользователя и приложений, а прежде всего в создании защищенных каналов связи, потому что в седьмом мире возникла угроза именно кибербезопасности среды и приложений, которые к этому вовлечены и содействие недостоверной информации может повести за собой большие расходы на устранение этих проблем. В статье рассмотрена способность реагирования локацией и коммуникацию приборов и пользователей, отвечать потребностям безопасности в установке оборудования. Отдельные части системы IoT, которые обычно работают автоматически, предоставляют возможность уполномоченным лицам проводить необходимые настройки и измерения. Рассмотрена многоуровневость IoT для управления передачи, приема и обработки данных. Статья представляет собой дополнение к другим статьям по этой тематике инфраструктуры и развернуто является полноценной архитектурой сенсорной сети по использованию ведущих микроконтроллеров, которые на многое опережают свое время. А использование современных протоколов на многие годы дает возможность внедрения этой

системы не только на территории Украины. Сети коммуникации передают данные, полученные с подключенных устройств, а также инструкции от программ, другим частям системы. Они предоставляют возможности для надежной и эффективной передачи данных. Инфраструктура сети IoT может быть реализована как с помощью существующих сетей и протоколов обмена данными, например, протокола TCP/IP, так и на сетях в настоящее время проходят стадию разработки, таких как сети нового поколения (NGN). Сложные сети применяют новейшие подходы к управлению систем.

*Ключевые слова:* радиационный мониторинг, микроконтроллерный дозиметр, детектор, микроконтроллер, полупроводниковые сенсоры, зарядо-чувствительный усилитель, облачные сервисы, удаленный доступ пользователей, сенсорные сети, Интернет вещи.

## Вступ

На даний час знайти вихідну точку для концепції Інтернету речей є проблемою, оскільки поява Інтернету речей є органічною та передбачуваною в умовах сильного розвитку електроніки та інформаційних технологій у 1980-х роках. Різні інструменти підштовхували людство вперед, розширювали можливості цивілізації та закладали основу для винаходу нових знарядь праці. Інструмент є продуктом людини, і він завжди намагається модернізувати його для задоволення поточних потреб. Ще до появи першої вбудованої системи, з впровадженням технології електрифікації та автоматизації, змінилася велика кількість звичайних предметів побуту. Ринок стимулює використання нових технологій, оскільки вони додають вартість продуктам. Більше того, хоча більшість людей не носять кольорове взуття, більший відсоток людей використовує електродрилі замість ручних. Цей приклад наочно ілюструє важливість вирішення конкретних технічних проблем. Оскільки Інтернет просувається у всьому світі як єдиний інформаційний канал, "розумні" пристрої (тобто пристрої, функції яких були розширені або вдосконалені завдяки використанню цифрових технологій) почали інтегруватися в мережу.

Відома корпорація Cisco Systems визначила період з 2008 по 2009 рік, коли Інтернет речей справді "народився". Співвідношення кількості речей до кількості людей в Інтернеті має перевагу, тому в 2010 р. Вартість речей становила 1,84, а в 2003 р. - 0,08 [1]. Той факт, що пристроїв забагато, ілюструє концепцію, тому вона є частиною сучасного світу, тому розуміння її принципів є актуальним. Розробка підходів до створення хмарних систем більш примітивних систем M2M, в яких обчислювальні машини поєднувалися одна з одною напряму. Звичайний Інтернет, клієнтами якого є люди, що використовують різні варіанти персональних комп'ютерів прийнято називати «Інтернетом комп'ютерів».

У сферах логістики та охоронних систем вже давно використовувалися засоби радіочастотної ідентифікації (RFID). Міська інфраструктура також підключена до Інтернету. Своєчасне виявлення загроз від стихійних лих, таких як лісові пожежі чи радіаційні загрози, допомагає аварійним службам. За допомогою розумної системи камер або датчиків ви можете встановити власника автомобіля та накласти штраф. Контроль дорожніх заторів усуває проблему заторів та автоматично змінює рівень освітлення, щоб допомогти заощадити електроенергію та покращити огляд при зміні природних умов. Відстежуючи наявність місць та бронюючи місця для паркування, стоянки стають швидшими. Система метеостанцій може покращити точність прогнозів погоди. У 2010 році Китай взяв національний курс і запровадив Інтернет речей у своїх містах. В даний час Китай контролює найбільшу частку ринку Інтернету речей, що становить 22% від загальної кількості [2].

## Фундаментальні характеристики використання IoT у сенсорній мережі радіаційного моніторингу

Використання сенсорних мереж можна охарактеризувати низкою основних характеристик, пов'язаних зі структурою та використанням Інтернет речей:

Архітектуру мережі можна розділити на чотири рівні, кожен з яких вирішує певні проблеми в процесі обробки даних (рис. 1).



Рис. 1. Рівні архітектури мережі та їх задачі.

Найближче до предметної області - це висота смарт-пристрою (датчика) - так званої "речі". Розумні пристрої - це спосіб перетворення даних із фізичного світу в цифровий і навпаки. Вони мають датчики, які дозволяють отримувати значення різних зовнішніх і внутрішніх показників: температури, вологості, просторового розташування, напруги, кольору тощо. Пускачі (двигуни, звукові, візуальні інструкції тощо) дозволяють реагувати на команди мережі та реагувати на зовнішнє середовище. Велика кількість датчиків підключена до локальної мережі (LAN, WSN) через з'єднання Wi-Fi або Ethernet. Існують також датчики, які безпосередньо підключаються до мережі за допомогою мобільних методів (GSM, GPRS, LTE).

Сенсорні масиви, які генерують великі обсяги даних і вимагають надійної та швидкої передачі даних, зазвичай використовують виділені мережі та проміжні пристрої, які передають дані в мережу. Для зв'язку в локальній мережі використовується спеціальний протокол для інтеграції датчика з результатами в різних форматах. Проміжний пристрій може інтерпретувати отримані дані, збирати їх у пакети даних, зберігати у тимчасовому сховищі, виконувати фільтрацію та виконувати попередню обробку, передавати дані до мережі та захищати локальну мережу від можливих атак [5]. Рівень управління даними встановлює правила проміжної обробки даних. Обробляючи великі обсяги інформації, він здатний очищати непотрібні записи, аналізувати дані та збирати статистичну інформацію. За певних умов він може надіслати запит на певний рівень відповіді на смарт-пристрій, тим самим прискорюючи швидкість відповіді системи. Рівень управління даними позбавляє потреби завантажувати розширені програми шляхом аналізу надлишкових пакетів даних. Наприклад, отримуючи температуру та вологість, якщо це потрібно користувачеві, він може передавати лише дані про температурний індекс.

Рівень програми (рівень програми) є цільовим користувачем інформації. Ця програма отримує оброблені дані. У приміщенні знаходиться система клімат-контролю та насосна станція. Система використовує індикатор детектора для контролю тиску води [6].

### Розробка з'єднань сенсорної мережі с використання ІоТ

Для встановлення з'єднання між частинами систем Інтернету речей використовують різні протоколи обміну даними:

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – протокол з'єднання сенсорів та проміжних пристроїв. Використовує модель підписки з брокером, де брокер відповідальний за автентифікацію адресату та адресанту. Працює у поєднанні з TCP/IP.
- ZIGBEE – протокол з низьким рівнем енергозатрат та малою пропускну здатністю. Найчастіше використовується в ІоТ.
- AMQP (Advance Message Queuing Protocol) – використовується на прикладному рівні. Заснований на чергах повідомлень.

- DDS (Data Distribution Service) – протокол розповсюдження даних, заснований на рівні реконструкції даних (DLRL), що виступає інтерфейсом для рівня інформаційно-орієнтованих публікацій за підпискою (DCPS). Використовують в проміжних пристроях та хмарних сервісах.

- LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) – протокол, що надає можливість підключення великої кількості пристроїв малої потужності на значній відстані (до 15 кілометрів).

Іншими протоколами IoT є: Bluetooth, Wi-Fi, Cellular (мобільний зв'язок), UDP, IPv6, QUIC, Nano-IP, DLTS [7].

Використовують різні топології підключення до мережі:

- з'єднанням з допомогою шлюзу;
- з'єднанням без посередників;
- з'єднанням без використання мережі, тобто, по схемі «точка-точка».

Також застосовують змішані варіанти топології мережі поєднанням декількох варіантів комунікації. Схему системи Інтернету речей з різними варіантами підключення наведено на (рис. 2).

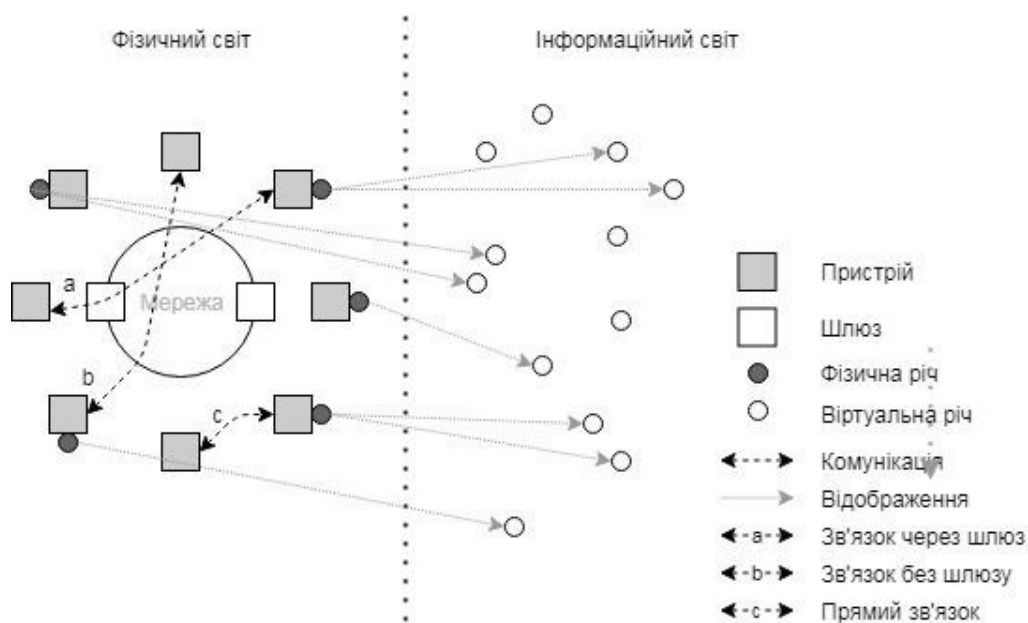


Рис. 2. Варіанти підключення мережі.

### Хмарні сервіси та класи сенсорної мережі

Мережа зв'язку передає дані, отримані від підключених пристроїв, та інструкції від програми до інших частин системи. Вони надають можливості для надійної та ефективної передачі даних. Мережева інфраструктура IoT може бути реалізована за допомогою існуючих мереж та протоколів зв'язку (таких як TCP / IP) або в мережах, що зараз розробляються (таких як мережі наступного покоління (NGN)). Складні мережі використовують новітні методи управління системою.

Як було описано у попередніх статтях [6], виконуючи певні команди, слід звертати увагу на типи повідомлень, якими обмінюються між різними частинами системи та ключовими областями. Ви побачите, що деякі повідомлення позначені кольоровими стрілками, і процес буде залишатися активним до отримання відповіді від одержувача. Інші асинхронні повідомлення дозволяють використовувати системні компоненти відразу після надсилання команди. Крім того, на малюнку також показано дві області циклу. Вони відповідають за процес виявлення циклу, де відбувається час між спробами виявлення та час між відправленням пакетів до ThingSpeak. На цьому етапі можна вважати, що динамічний опис компонування системи є достатнім для розробки її алгоритму та програмної реалізації. Завершальним кроком у розробці архітектури макета обміну даними буде створення схеми класу програмного забезпечення макета та клієнтської програми Android для визначення структурних елементів, їх атрибутів та поведінки (рис. 3).

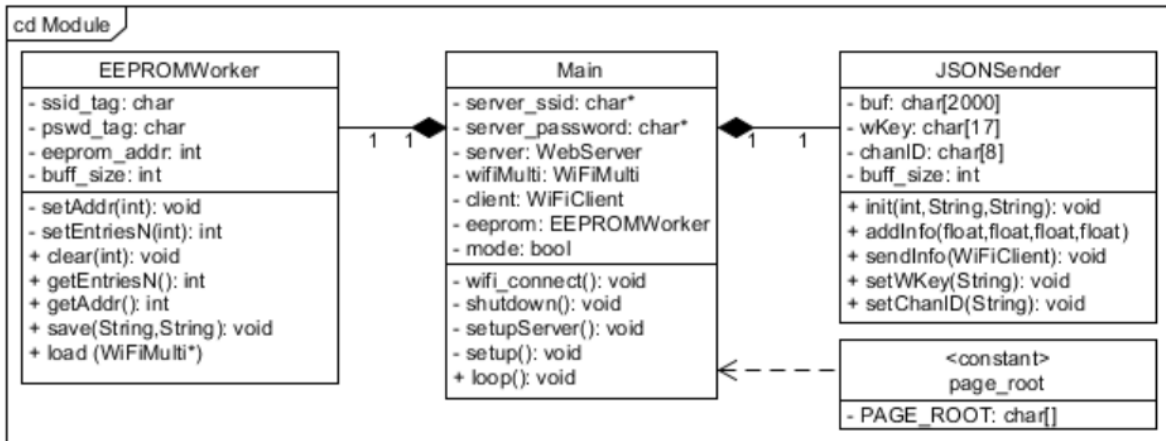


Рис. 3. UML діаграма класів програмного забезпечення модулю.

Програмне забезпечення макета не потребує створення великої кількості класів. Як правило, процеси, які відбуватимуться в цій частині системи, будуть реалізовані без використання об'єктно-орієнтованих програм. Як видно з (рис. 3), класом, який повинен бути реалізований роботою, є клас роботи. Клас EEPROMWorker інкапсулює всю роботу в енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. Він повинен записати пару SSID і пароль, передані в HTTP-запиті, в EEPROM. Крім того, потрібно зберегти кількість цих пар та місце розташування останнього зайнятого блоку зберігання. Також потрібно мати можливість очистити пам'ять, повернувшись до початкового формату, і завантажити збережені значення у клас, відповідальний за підключення до відомих точок доступу Wi-Fi. Як і інші класи, використані на цій схемі, цей клас також є частиною готової бібліотеки. Тому їх зображення на діаграмі класів непотрібні, оскільки вони є "чорними ящиками" для системи. Більш актуальним є створення діаграми класів для клієнтського Android додатку (рис. 4).

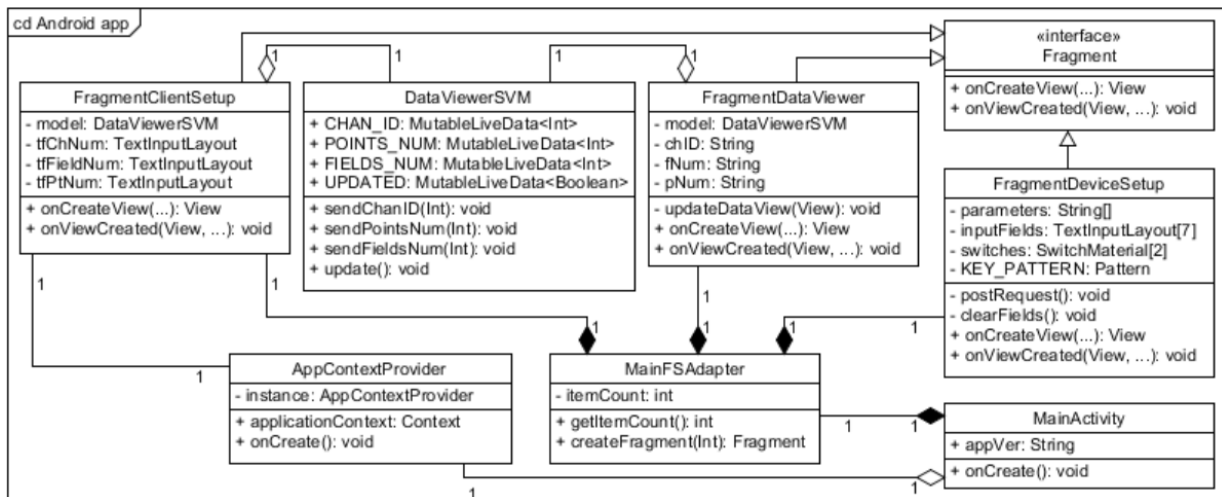


Рис. 4. UML діаграма класів Android додатку.

Схема класів додатків показує лише класи, які потрібно розробити. Для створення графічного інтерфейсу користувача потрібно використовувати велику кількість готових компонентів з різних бібліотек Android. Деякі зв'язки здійснюються на рівні прихованих частин бібліотеки та впровадження. Основним класом програми є клас MainActivity. Програма починається з її ініціалізації. Аналізуючи виконання системи, що містить необхідні елементи проекту, для забезпечення коректної роботи програми може бути призначено безліч класів обслуговування. Для надання контексту програми створюється точка доступу у вигляді класу AppCompatActivityProvider. Це дозволяє перенести контекст програми на інші види діяльності, крім основної. Клас DataViewerSVM забезпечує асинхронний доступ до спільних змінних кількох фрагментів, такими є: фрагменти представлення даних та фрагменти конфігурації програми. Тут часто використовують дані як параметр запиту для хмарних служб. Робота над проектом пов'язана з

розробкою низки програмних рішень для фізично-розгалужених елементів системи та налагодженням зв'язку між ними. Кінцевим результатом став апаратно-програмний макет що демонструє взаємодію компонентів системи на кожному етапі роботи з даними та здатний до налаштування для роботи у новій локації.

### Вибір та підключення апаратних частин макету

Під час розробки не було доцільності паяти власний 8-розрядний комп'ютер для вивчення електронних продуктів, включаючи програмісти в структурі схеми, тому немає необхідності в дорогих зовнішніх рішеннях і ненадійних схемах підключення, а вбудована схема регулятора потужності економить сотні процесорів. Коротке замикання та несправність. В освіті та побічних проєктах використання плат, подібних до Arduino, стало фактичним стандартом. Малий бізнес та стартапи іноді використовують дошки розвитку для створення першої версії своїх бізнес-проєктів. Поява нових мікроконтролерів майже завжди пов'язана з появою плат розвитку, завдяки чому фахівці знайомляться з функціями нових мікроконтролерів, а потім використовують їх у власних схемах розробки. Для цього проєкту було вирішено створити макет за допомогою плати розробки та периферійних пристроїв. Після остаточного затвердження апаратного забезпечення системи, розробки та тестування програмного алгоритму та виправлення помилок на різних етапах рекомендується розробити та виготовити власну схему мікроконтролера. Вибір конкретної плати розробки для використання цього мікроконтролера базується на кількох факторах: кількості розведених виходів GPIO, наявності виходів програміста та ланцюгів живлення та наявності плат розвитку в українських магазинах. Як результат, обрана плата є аналогом відомого Wemos D1 R2 (рис. 3.1), який побудований на мікроконтролері ESP8266. Плата Wemos D1 R2 була обрана, оскільки вона має вбудований контролер живлення з коаксіальним входом, що дозволяє запитувати мікроконтролер від джерела живлення з широким діапазоном допустимих напруг (9-24В). Крім того, він також має інтерфейс USB, 11 цифрових та 1 аналоговий вихід. На (рис. 5) зображено готовий макет пристрою поширення дозиметричної інформації та вказано головні компоненти макету.

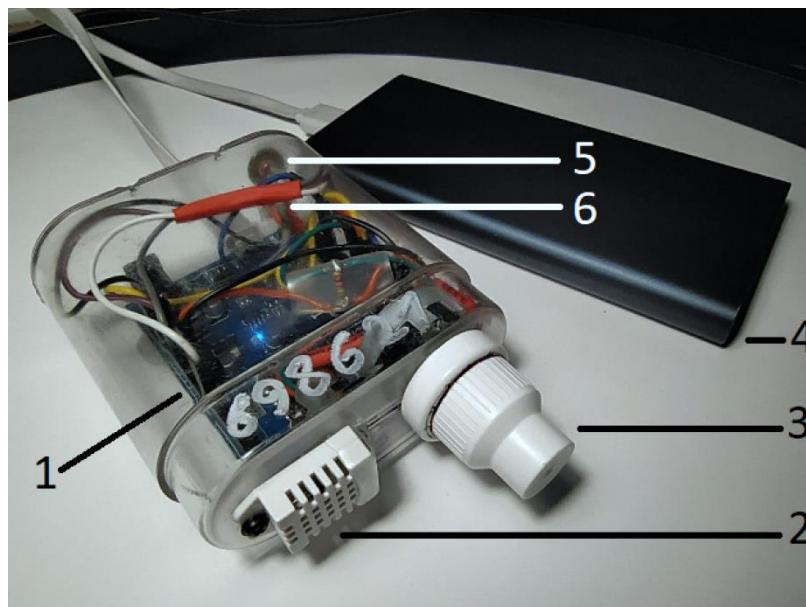


Рис. 5. Компоненти макету пристрою обміну даними.

До компонентів макета належать: 1-плата розробки Wemos D1R2, 2-датчик температури та вологості DHT22, 3-потенціометр, акумуляторна батарея 4-5 В 2,4 А з виходом USB, 5-індикаторний світлодіод, 6-кнопка управління.

Центральний вихід потенціометра підключений до аналогового входу плати-прототипу. Залежно від положення рукоятки, вона буде забезпечувати напругу від 0 до 3,3 В. Цифровий вхід призначений для підключення виходу даних датчика температури та вологості DHT22, що працює

в протоколі I2C. Один цифровий вихід зайнятий кнопкою управління, один світлодіодний індикатор стану схеми розміщення цифрового виходу, а другий поєднується з виходом RST для ініціалізації режиму енергозбереження мікроконтролера. Решта виходів периферійних компонентів підключені згідно з документом: вихід + V або плата компонування GND.

## Висновки

Результатом поточної статті є більш точна та повна модель широкого спектру дозиметричних систем на базі сенсорних мереж, перероблення та вдосконалення обробки даних та поширення концепції виявлення Інтернету речей. Крім того, враховуючи індикатор часу сигналу та реалізацію формули, запропонованої у нашій власній науковій публікації, була розроблена модель модуля спектра для моделювання роботи детектора іонізуючого випромінювання. Лабораторне моделювання проводилось для побудови спектроскопічних замірів, розгортання та експлуатації системи обміну даними IoT для експериментів з дозиметрії. На основі архітектури, алгоритмів та апаратних та програмних рішень, розроблених під час до цього написаних статей, будуть створені більш детальні імітаційні моделі, реальні прототипи систем моніторингу випромінювання та дослідницькі та навчальні системи спектроскопії.

Робота над проектом підтримується міжнародним грантом УНТЦ №9903. Сумісними зусиллями ХНУ імені В.Н. Каразіна та працівників ННЦ ХФТІ готується робочий прототип запропонованої частини системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ridozub, O., Terokhin, V., Stervoyedov, N., Fomin, S.. Сенсорний вузол для бездротової мережі радіаційного моніторингу. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 2019, 44, 88-93с. <https://periodicals.karazin.ua/mia/index>
2. Ажажа В.М. Приборы на основе CdTe и CdZnTe для технологического контроля и мониторинга радиационной обстановки на АЭС / В.М. Ажажа, В.Е. Кутний, А.В. Рыбка, Л.Н. Давыдов, И.Н. Шляхов, А.А. Захарченко, Д.В. Кутний, Д.В. Наконечный // Наука та інновації. – 2006. – Т. 2, № 6. – С. 31–38. <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/113940>
3. Захарченко А.А. Моделирование дозиметрических свойств детекторов гамма излучения на основе высокоомных полупроводников. Диссертация на соискание канд. физ. – мат. наук. Харьков, 2009 С. 28–31. <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/52427/10-Zakharchenko.pdf?sequence=1>
4. D. Evans The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything : [Електронний ресурс] // April 2011, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2016-2020. URL: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf). Дата звернення: 02.08.2020
5. The Internet of Things (IoT) – essential IoT business guide: [Електронний ресурс] // i-SCOOP. 2017-2020. URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>. Дата звернення: 02.08.2020
6. Ridozub, O., Terokhin, V., Stervoyedov, N., Fomin, S.. Розробка основних підходів до створення апаратно-програмних засобів інформаційних систем радіаційного моніторингу. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 2020, 46, 82-91с. <https://periodicals.karazin.ua/mia/index>
7. China: The World Largest IoT Market: [Електронний ресурс] // September 2018, MarketingToChina, 2019-2020. URL: <https://www.marketingtochina.com/china-world-largest-iot-market/>. Дата звернення: 10.09.2020
8. Internet of Things (IoT) Gateways: [Електронний ресурс] // @geeksforgeeks. 2020. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/internet-of-things-iot-gateways/> Дата звернення: 11.09.2020
9. K. K Patel, S. M Patel Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges // International Journal of Engineering Science and Computing, May 2016 с.6122-6131.
10. Introduction to IoT protocols and types: [Електронний ресурс] // Microcontrollerslab.com, 2013-2020. URL: <https://microcontrollerslab.com/iot-protocols-types/>. Дата звернення: 12.09.2020



## REFERENCES

1. Ridozub, O., Terokhin, V., Stervoyedov, N., Fomin, S.. Touch node for a wireless radiation monitoring network. Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series " mathematical modeling. Information technologies. Automated control systems", 2019, 44, 88-93c. <https://periodicals.karazin.ua/mia/index> [In Ukraine]
2. Azhazha V. M., Kutny V. E., Rybka A. V., Davydov L. N., Shlyakhov I. N., Zakharchenko A. A., Kutny D. V., Nakonechny D. V. devices based on CdTe and CdZnTe for technological control and monitoring of the radiation situation at the NPP. 2006, Vol. 2, No. 6, pp. 31-38. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/113940> [In Russia]
3. Zakharchenko A. A. modeling of dosimetric properties of gamma radiation detectors based on high-resistance semiconductor devices. Dissertation for the candidate's degree. Fiz. - mat. Nauk. Kharkiv, 2009, pp. 28-31. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/52427/10-Zakharchenko.pdf?sequence>
4. D. Evans the Internet of Things How the next Evolution of the Internet is Changing everything: [electronic resource] // April 2011, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2016-2020. URL: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf). accessed: 02.08.2020
5. The Internet of Things (IoT) – essential IoT business guide: [electronic resource] // i-SCOOP. 2017-2020. URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>. accessed: 02.08.2020 [In Ukraine]
6. Ridozub, O., Terokhin, V., Stervoyedov, N., Fomin, S..Development of basic approaches to the creation of hardware and software tools for information systems for radiation monitoring. Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series " mathematical modeling. Information technologies. Automated control systems", 2020, 46, 82-91c. <https://periodicals.karazin.ua/mia/index> .[In Ukraine]
7. China: the world's Largest IoT Market: [electronic resource] // September 2018, MarketingToChina, 2019-2020. URL: <https://www.marketingtochina.com/china-world-largest-iot-market/>. accessed: 10.09.2020
8. Internet of Things (IoT) Gateways: [electronic resource] // @geeksforgeeks. 2020. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/internet-of-things-iot-gateways/> accessed: 11.09.2020
9. K. K Patel, S. M Patel Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges // International Journal of Engineering Science and Computing, May 2016 pp. 6122-6131v
10. Introduction to IoT protocols and types: [electronic resource] // Microcontrollerslab.com, 2013-2020. URL: <https://microcontrollerslab.com/iot-protocols-types/>. accessed: 12.09.2020