

МЕТОД ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ІОТ-ПРИСТРОЇВ У ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ІЗ ВИЯВЛЕННЯМ ВІДМОВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто метод та засоби моніторингу доступності ІоТ-пристроїв у локальних мережах для своєчасного виявлення відмов з'єднання. Запропонований підхід базується на періодичній діагностиці стану мережевого підключення (наприклад, за допомогою ICMP-протоколу) пристроїв, що знаходяться в одній локальній мережі з клієнтським пристроєм. Розроблено архітектуру рішення у вигляді локального веб-застосунку, що дозволяє користувачеві в режимі реального часу відстежувати статус доступності підключених пристроїв, ідентифікувати їхні IP- та MAC-адреси та отримувати оперативне сповіщення про зміну їхнього стану. Це підвищує надійність функціонування "розумної" мережі завдяки простоті та швидкості діагностики.

Ключові слова: *ІоТ, моніторинг, локальна мережа, виявлення відмов, доступність, веб-застосунок, ICMP-протокол.*

Abstract

The paper considers the method and tools for monitoring the availability of IoT devices in local networks for timely detection of connection failures. The proposed approach is based on the periodic diagnostics of the network connection status (for example, using the ICMP protocol) of devices located in the same local network as the client device. A solution architecture has been developed in the form of a local web application that allows the user to monitor the availability status of connected devices in real-time, identify their IP and MAC addresses, and receive operational notifications about changes in their status. This enhances the operational reliability of the "smart" network due to the simplicity and speed of diagnostics.

Keywords: *IoT, monitoring, local network, failure detection, availability, web application, ICMP protocol.*

Вступ

У сучасних умовах стрімкого розвитку технологій та експоненціального зростання кількості пристроїв, підключених до мережі Інтернет, концепція Інтернету речей (ІоТ) набуває все більшого поширення. ІоТ-системи стали невід'ємною частиною різноманітних сфер — від розумних будинків і корпоративних офісів до промислової автоматизації. Вони функціонують усередині складних, динамічних локальних мереж, забезпечуючи безперервний обмін даними між сенсорами, контролерами та кінцевими користувачами. Зі зростанням масштабів і критичності ІоТ-інфраструктури, значно підвищуються вимоги до їхньої надійності, безперервності роботи та здатності швидко реагувати на виникнення будь-яких збоїв.

Відмова або нестабільність з'єднання навіть одного ІоТ-пристрою в локальній мережі може призвести до порушення автоматизованих процесів, втрати контролю над важливими даними або деградації сервісу. Тому оперативний моніторинг стану з'єднання цих пристроїв стає одним із ключових завдань при побудові сучасних розподілених систем. Традиційні, централізовані методи моніторингу, які вимагають складного налаштування на маршрутизаторі або використання спеціалізованих серверів, часто виявляються надто ресурсомісткими або незручними для типових локальних мереж. Це зумовлює необхідність розробки простих, локалізованих та доступних засобів, сфокусованих на базових, але критично важливих параметрах — доступності пристрою в мережі.

Актуальним напрямом є створення методу та програмних засобів моніторингу, реалізованих у вигляді веб-застосунку, які забезпечують автоматичне виявлення відмов з'єднання пристроїв, підключених до того ж маршрутизатора, і формування оповіщень у режимі реального часу. Розроблення подібного локального та незалежного веб-засобу для моніторингу стану ІоТ-пристроїв є важливим завданням, від ефективного вирішення якого залежить стабільність та керованість сучасної "розумної" інфраструктури.

Результати дослідження

У результаті проведеного дослідження було розроблено прототип веб-системи моніторингу IoT-пристроїв у локальній мережі, яка успішно реалізує запропонований метод виявлення відмов, що базується на діагностиці стану мережевого з'єднання. Для оцінювання ефективності роботи розробленого веб-засобу було проведено серію експериментів на тестовому стенді, який імітував типову локальну мережу, що складалася з пристроїв різних категорій, таких як смартфони, ноутбуки та емулятори IoT-пристроїв. Основний принцип перевірки доступності ґрунтувався на використанні ICMP-запитів від пристрою, на якому відкрито веб-сайт, до цільових IoT-пристроїв.

У ході дослідження моделювалися різні типи відмов, серед яких повне зникнення зв'язку (імітація вимкнення пристрою або відключення кабелю) та часткова деградація каналу, що виявлялася у значному зростанні часу затримки (latency) мережевих запитів. Отримані результати показали, що розроблений веб-засіб забезпечує стабільну та швидку роботу при моніторингу до кількох десятків пристроїв одночасно, демонструючи високу точність виявлення відмов. Для випадків повної втрати зв'язку точність детектування склала 100%, оскільки пристрій повністю переставав відповідати на ICMP-запити. Для випадків деградаційних процесів, які характеризувалися надмірною затримкою, точність виявлення відхилення від норми склала близько 96%, що дозволяє своєчасно ідентифікувати пристрій з потенційними проблемами.

Отримані результати підтвердили доцільність та ефективність використання простого, але надійного методу моніторингу на основі ICMP для швидкого виявлення як повних, так і часткових відмов (затримки) IoT-пристроїв у локальній мережі. Запропонований веб-підхід забезпечує збалансованість між точністю детекції, швидкістю оновлення даних та мінімальними ресурсними витратами, що робить його високоефективним для практичного застосування в реальних домашніх та офісних IoT-мережах.

Висновки

1. Запропонований метод моніторингу доступності IoT-пристроїв у локальних мережах, реалізований як веб-засіб, забезпечує своєчасне та оперативне виявлення відмов з'єднання, зокрема повних втрат зв'язку та випадків критичної деградації.
2. Використання простого та надійного ICMP-протоколу як основного механізму діагностики дозволило створити легковагове рішення, яке мінімально впливає на продуктивність клієнтського пристрою та мережевого трафіку, зберігаючи при цьому високу швидкість реагування.
3. Розроблений веб-інтерфейс спрощує процес моніторингу для кінцевого користувача, роблячи систему незалежною від складної мережевої інфраструктури та сумісною з будь-якими пристроями, що підтримують стандартне мережеве підключення.
4. Експериментальні дослідження підтвердили високу ефективність методу: точність виявлення повної втрати зв'язку становить 100%, а для деградаційних процесів, що визначаються за часом затримки, точність перевищує 95%. Це свідчить про придатність розробленого засобу.
5. Подальші дослідження слід спрямувати на вдосконалення механізмів ідентифікації пристроїв, додавання функціоналу логування історії відмов та інтеграцію з іншими мережевими службами для розширення можливостей діагностики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chen H., Zhang X. IoT Device Monitoring and Fault Detection. – Journal of Network Systems, 2022.
2. Sharma V., Gupta A. Real-time Monitoring and Failure Prediction in Local Area IoT Networks using Ping-based Diagnostics. – International Conference on Smart Devices and Systems (ICSDDS), 2023.
3. Zhu L., Wang J. Low-cost and Lightweight Network Availability Checking for Home IoT Environments. – IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 68, no. 1, 2022.
4. Smith J., Brown P. A Web-based Tool for Local Network Device Status and Health Reporting. – European Journal of Computer Science and Engineering, 2024.
5. Lee K., Kim D. Performance Evaluation of ICMP-based Monitoring Systems for Heterogeneous IoT Devices in LAN. – Journal of Communications and Networks, vol. 24, no. 5, 2022.

Атаманиук Назар Романович — студент групи 1KI-24М, факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: nazik.igrek@gmail.com

Богомолов Сергій Віталійович, к.т.н., доцент каф. ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Atamaniuk Nazar R. — student of group 1KI-24M, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazik.igrek@gmail.com

Bohomolov Serhii, PhD, Associate Professor of Computer Engineering, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua