

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла
Остроградського

Перекреста Андрія Леонідовича

на дисертаційну роботу **Хоменка Євгенія Вікторовича** на тему
**«РОЗРОБЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ІОТ-СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ Й
КОНТРОЛЮ СТАНУ ПРИМІЩЕНЬ
НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ HOME ASSISTANT»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 121 - Інженерія програмного забезпечення, галузь знань
12 - Інформаційні технології

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних комп'ютерних систем є створення автономних програмно-апаратних комплексів Інтернету речей, здатних забезпечувати безперервний моніторинг, локальне опрацювання телеметричних даних і керування технологічними процесами в режимі реального часу. Зростання вимог до надійності функціонування, інформаційної безпеки та незалежності від зовнішньої мережевої інфраструктури зумовлює необхідність переходу від традиційних хмарних сервісів до локальних edge-рішень. Особливої актуальності це набуває під час створення систем моніторингу та керування станом приміщень, у яких необхідно забезпечити інтеграцію гетерогенних пристроїв, ефективну взаємодію різних комунікаційних протоколів і високу оперативність прийняття керуючих рішень. У зв'язку з цим дисертаційне дослідження Хоменка Євгена Вікторовича, присвячене розробленню локальної автономної ІоТ-системи моніторингу й контролю стану приміщень на базі платформи Home Assistant, є своєчасним, актуальним та має важливе наукове і практичне значення.

2 ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Херсонського державного університету. Його результати

розвивають науковий напрям кафедри комп'ютерних наук та програмної інженерії, пов'язаний із розробленням інтелектуальних інформаційних систем, програмної інженерії та технологій розподіленого керування.

3 ОЦІНКА ОБГРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є достатньо обгрунтованими та базуються на комплексному застосуванні сучасних методів програмної інженерії, системного аналізу, математичного моделювання й проєктування кіберфізичних систем. Їх достовірність забезпечується ґрунтовним аналізом сучасних технологій та протоколів обміну даними в середовищі Інтернету речей, розробленням математичних моделей взаємодії компонентів локальної IoT-системи, а також запропонованим підходом до комплексного оцінювання її ефективності на основі інтегрального показника Н. Теоретичні положення підтверджено результатами експериментальних досліджень, виконаних на створеному автором програмно-апаратному комплексі, а сформульовані висновки й рекомендації є логічними, послідовними та повною мірою відповідають поставленим меті й завданням дослідження.

4 ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА ВИСНОВКІВ

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю застосованого методичного підходу, використанням сучасних програмно-апаратних засобів для реалізації експериментального стенда та достатнім обсягом проведених експериментальних досліджень. Працездатність запропонованої локальної IoT-системи підтверджено її функціонуванням в умовах реальної експлуатації, під час якої оброблено понад 360 тис. телеметричних повідомлень, що засвідчує надійність процесів збору, передавання й опрацювання даних. Достовірність висновків щодо ефективності запропонованих рішень підтверджується результатами статистичного аналізу експериментальних даних, порівняльним оцінюванням продуктивності обчислювальних платформ та отриманими показниками зменшення енергоспоживання і часу реакції системи.

5 НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ, ВИКЛАДЕНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в одержанні нових науково обґрунтованих результатів, спрямованих на підвищення ефективності проєктування й функціонування локальних автономних IoT-систем. Найбільш вагомими результатами, що характеризують наукову новизну дослідження, є такі:

1. вперше систематизовано та науково обґрунтовано архітектурний підхід до побудови локальних автономних IoT-систем моніторингу та керування станом приміщень, що забезпечує незалежність функціонування системи від зовнішніх хмарних сервісів, локальне виконання автоматизаційних сценаріїв і контроль життєвого циклу сенсорних даних;

2. вперше запропоновано багаторівневу архітектурну модель локальної IoT-системи моніторингу та контролю стану приміщень, що включає фізичний, комунікаційний, інформаційний, керуючий, безпековий, сервісний та презентаційний рівні, забезпечує функціональне розмежування компонентів системи та створює передумови для її масштабування й адаптації;

3. удосконалено комплексний архітектурний підхід до забезпечення інформаційної безпеки локальних IoT-систем, який поєднує мережеву сегментацію, шифрування транспортного рівня, механізми контролю доступу, журналювання подій та багатofакторну автентифікацію;

4. набуло подальшого розвитку формування сервісного рівня локальної IoT-системи у вигляді уніфікованого програмного інтерфейсу (API) з підтримкою протоколів REST та WebSocket, що забезпечує асинхронну взаємодію компонентів системи в режимі реального часу та можливість підключення зовнішніх програмних і аналітичних модулів.

6 ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні працездатної локальної IoT-системи моніторингу й контролю стану приміщень, яка може бути використана як основа для побудови автономних програмно-апаратних комплексів різного призначення. Запропоновані в дисертації технічні та програмні рішення доцільно застосовувати під час розроблення локальних систем моніторингу, автоматизації, енергоменеджменту та екологічного контролю для житлових, офісних, навчальних та інших об'єктів. У межах дослідження реалізовано

функціональні підсистеми моніторингу мікроклімату, освітлення, безпеки та енергоспоживання, що підтверджує практичну придатність запропонованих рішень. Використання відкритої програмної платформи, стандартних комунікаційних протоколів і локальної обробки даних забезпечує можливість масштабування системи, її адаптації до різних умов експлуатації та високий рівень захисту інформації.

7 ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ У ПУБЛІКАЦІЯХ ТА ДОТРИМАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Результати дисертації опубліковані у 10 наукових працях. З них 3 статті представлені у престижних міжнародних журналах з імпакт-фактором, що входять до баз Scopus та Web of Science. Також опубліковано 2 статті у фахових виданнях України та 5 тез конференцій. Тексти публікацій повною мірою відображають ключові ідеї дисертації. Дисертація відповідає принципам академічної доброчесності; плагіату чи необґрунтованих запозичень не виявлено.

8 АНАЛІЗ ФОРМИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Структура дисертації є логічною та послідовною. Кожний розділ вирішує окреме коло дослідницьких завдань, що забезпечує поступовий перехід від аналізу предметної області до розроблення, реалізації та експериментальної перевірки запропонованих рішень.

Перший розділ присвячений критичному огляду наявних інформаційних систем і технологій Інтернету речей. Здобувач переконливо доводить переваги edge-обчислень над традиційними хмарними рішеннями.

У другому розділі розроблено концептуальну та математичну базу: 7-рівневу архітектуру, моделі обміну телеметрією, критерії оцінки ефективності та методи безпеки.

Третій розділ демонструє процес програмної інтеграції пристроїв у платформу Home Assistant, створення інформаційних дашбордів та реалізацію алгоритмів автоматизації.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень продуктивності апаратних платформ та кількісної оцінки стабільності мережі збору даних.

Загалом дисертаційна робота характеризується цілісною структурою, логічною послідовністю викладення матеріалу та узгодженістю між поставленими завданнями, застосованими методами дослідження й отриманими результатами.

9 ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Високо оцінюючи дисертаційну роботу, слід висловити деякі зауваження та пропозиції:

1. У підсистемі «Енергоживлення» (розділ 3) фіксується зниження енергоспоживання, проте системі бракує модуля короткострокового прогнозування витрат електроенергії на основі накопичених історичних даних, що є важливою складовою сучасних систем енергоменеджменту.
2. У підсистемі «Клімат» (розділ 3) успішно реалізовано моніторинг температури, вологості та рівня CO₂. Проте, маючи такий масив накопичених даних, система значно б виграла від впровадження алгоритмів короткострокового прогнозування зміни мікроклімату, що дозволило б превентивно керувати системами вентиляції.
3. Система накопичує великий обсяг «сирих» телеметричних даних. Для їх довгострокового зберігання та подальшого глибокого аналізу доцільно було б передбачити механізми попередньої підготовки та очищення даних безпосередньо на локальному сервері перед їхнім записом у базу даних.
4. У розділі 4 автор переконливо доводить перевагу серверної архітектури x64 над ARM для обробки інтенсивних потоків телеметрії. Однак, зважаючи на вище енергоспоживання серверів x64, доцільно було б навести розрахунки необхідної ємності джерел безперебійного живлення для забезпечення гарантованого часу автономної роботи ядра системи під час знеструмлень.
5. У роботі зустрічаються поодинокі синтаксичні недоліки та стилістичні похибки в оформленні деяких графіків, таблиць і лістингів програмного коду.

Наведені зауваження не применшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

10 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ОЦІНКА ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота Хоменка Євгенія Вікторовича має завершений характер і містить нові науково обґрунтовані результати, що мають теоретичне та практичне

значення для розвитку програмної інженерії у сфері локальних IoT-систем. Робота відзначається науковою новизною та високим рівнем експериментального обґрунтування. Дисертація відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», галузі знань 12 «Інформаційні технології». Вважаю, що дисертаційна робота Хоменка Євгенія Вікторовича на тему «Розроблення локальної IoT-системи моніторингу й контролю стану приміщень на базі платформи Home Assistant» повністю відповідає вимогам «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 (зі змінами), та вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами). Автор дисертаційної роботи – Хоменко Євгеній Вікторович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерної
інженерії та електроніки
Кременчуцького національного
університету імені Михайла
Остроградського

(підпис)

Андрій ПЕРЕКРЕСТ