

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, професора кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка»

Висоцької Вікторії Анатоліївни

на дисертаційну роботу **Хоменка Євгенія Вікторовича**

на тему

**«РОЗРОБЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ IoT-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

Стрімкий розвиток концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT) та систем класу Smart Home зумовлює зростання вимог до архітектури інформаційних систем, надійності інформаційної взаємодії, безпеки даних і безперервності функціонування програмних сервісів. Використання традиційних хмарних платформ не завжди забезпечує необхідний рівень автономності, оскільки працездатність таких рішень значною мірою залежить від доступності зовнішньої мережевої інфраструктури та віддалених сервісів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення локальних інформаційних систем моніторингу й керування, побудованих на принципах edge computing, які забезпечують локальне опрацювання даних, інтеграцію різномірних пристроїв, підтримку сучасних мережевих протоколів та ефективну взаємодію програмних компонентів. Саме тому дисертаційне дослідження Хоменка Євгена Вікторовича, присвячене розробленню локальної IoT-системи моніторингу й контролю стану приміщень на базі платформи Home Assistant, є актуальним, своєчасним та має важливе наукове і практичне значення.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Херсонського державного університету та узгоджується з науковими дослідженнями, спрямованими на розвиток сучасних інформаційних технологій, інтеграцію розподілених інформаційних систем, проєктування програмних платформ Інтернету речей і створення надійних сервісно-орієнтованих рішень для збору, передавання та опрацювання даних. Тематика дослідження відповідає актуальним напрямкам розвитку інформаційних систем і мереж та є логічним продовженням наукових досліджень кафедри комп'ютерних наук та програмної інженерії.

3 ОЦІНКА ОБГРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та базуються на комплексному застосуванні методів системного аналізу, теорії інформаційних систем і мереж, математичного моделювання та сучасних підходів до проєктування програмного забезпечення. Обґрунтованість отриманих результатів підтверджується проведенням аналізом архітектурних рішень для побудови локальних IoT-систем, формалізацією процесів інформаційної взаємодії між компонентами системи, розробленням інтегрального показника H для комплексного оцінювання ефективності її функціонування, а також результатами експериментальної перевірки запропонованих рішень. Сформульовані висновки є логічними, взаємоузгодженими та повною мірою відповідають поставленій меті й завданням дисертаційного дослідження.

4 ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА ВИСНОВКІВ

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю застосованих методів дослідження, реалізацією повнофункціональної локальної IoT-системи та достатнім обсягом проведених експериментальних досліджень.

Працездатність запропонованих архітектурних і програмних рішень підтверджена їх апробацією в умовах реальної експлуатації, під час якої було оброблено понад 360 тис. телеметричних повідомлень і досліджено часові характеристики функціонування системи. Достовірність висновків також підтверджується результатами порівняльного оцінювання продуктивності різних обчислювальних платформ, що засвідчує ефективність запропонованих підходів до побудови локальних інформаційних систем моніторингу й керування.

5 НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ, ВИКЛАДЕНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в одержанні нових науково обґрунтованих результатів, що розвивають сучасні підходи до побудови локальних IoT-систем. До найбільш вагомих результатів належать такі:

1. вперше систематизовано та науково обґрунтовано архітектурний підхід до побудови локальних автономних IoT-систем моніторингу та керування станом приміщень, який забезпечує повну незалежність функціонування системи від зовнішніх хмарних сервісів, локальне виконання автоматизаційних сценаріїв і контроль життєвого циклу сенсорних даних у межах локальної обчислювальної інфраструктури;
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, що поєднує мережеву сегментацію, шифрування транспортного рівня, механізми контролю доступу, журналювання подій та багатфакторну автентифікацію;
4. набуло подальшого розвитку застосування принципів локальної (edge) обробки сенсорних даних у системах моніторингу приміщень, що дає змогу зменшити затримки оброблення подій, підвищити стійкість системи до мережевих збоїв і забезпечити конфіденційність даних у межах локальної інфраструктури.

6 ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні локальної IoT-системи моніторингу й контролю стану приміщень, яка може бути використана як основа для побудови сучасних інформаційних систем автоматизації різного призначення. Запропоновані програмні та архітектурні рішення забезпечують інтеграцію гетерогенних пристроїв, підтримку сучасних протоколів обміну даними та можливість централізованого моніторингу й керування технологічними процесами. У межах дисертаційного дослідження реалізовано функціональні підсистеми моніторингу мікроклімату, освітлення, безпеки та енергоспоживання, що підтверджує практичну придатність запропонованих рішень. Використання відкритої програмної платформи, модульної архітектури та стандартних мережевих протоколів та програмних інтерфейсів забезпечує масштабованість системи, спрощує її інтеграцію з іншими інформаційними сервісами та створює передумови для подальшого розвитку функціональних можливостей.

7 ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ У ПУБЛІКАЦІЯХ ТА ДОТРИМАННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Основні результати дослідження відображені у 10 наукових публікаціях. Здобувач має 3 статті у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus/Web of Science, 2 статті у фахових виданнях України категорії Б та 5 матеріалів конференцій. Структура і зміст публікацій повністю відповідають положенням дисертації. Порушень принципів академічної доброчесності та плагіату не виявлено.

8 АНАЛІЗ ФОРМИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота має логічну, цілісну та послідовну структуру, що забезпечує системне розкриття поставленої наукової задачі. Матеріал викладено у взаємопов'язаних розділах, кожен із яких логічно продовжує попередній і відображає окремий етап проведеного дослідження.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану розвитку інформаційних систем Інтернету речей, розглянуто особливості хмарних і локальних архітектур, обґрунтовано доцільність використання локальних IoT-систем для моніторингу й керування станом приміщень.

У другому розділі розроблено архітектурні моделі локальної IoT-системи, визначено принципи організації інформаційної взаємодії між її компонентами, запропоновано методичний підхід до оцінювання ефективності функціонування системи та сформовано концептуальні засади забезпечення інформаційної безпеки.

У третьому розділі представлено програмну реалізацію запропонованих рішень, описано інтеграцію компонентів у середовищі Home Assistant, реалізацію функціональних підсистем моніторингу й керування, а також механізми автоматизації процесів на основі концепції Trigger–Condition–Action.

У четвертому розділі наведено результати експериментальної перевірки запропонованої системи, виконано аналіз продуктивності обчислювальних платформ, часових характеристик функціонування, надійності передавання даних та ефективності реалізованих архітектурних рішень.

Загалом дисертаційна робота характеризується цілісністю викладу, логічною послідовністю, належним рівнем структурованості матеріалу та узгодженістю між поставленими завданнями, застосованими методами дослідження й отриманими результатами.

9 ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

При загальній позитивній оцінці роботи, варто звернути увагу на наступні побажання та дискусійні моменти::

1. У розділі 3 автор розглядає керування системою переважно через візуальні дашборди. Враховуючи загальний курс дисертації на повну автономність, робота значно б виграла, якби в ній було проаналізовано перспективи впровадження повністю локальних моделей розпізнавання мовлення (Voice User Interfaces) для забезпечення незалежного від інтернету голосового керування «розумним будинком».

2. В експериментальній частині (розділ 4) досліджується стабільність IoT-системи за нормальних умов експлуатації. Проте, для підвищення загальної відмовостійкості (робастності) інфраструктури, доцільно було б розглянути сценарії апаратного резервування. Наприклад, використання кількох незалежних маршрутизаторів у мережі Zigbee дозволило б уникнути проблеми єдиної точки відмови (Single Point of Failure).
3. Описуючи подійно-орієнтовану логіку керування (парадигма Trigger-Condition-Action) у розділі 3, автор оперує базовими сценаріями. Зі збільшенням кількості сенсорів та виконавчих пристроїв правила автоматизації неминуче ускладнюються. Роботі бракує опису методів верифікації сценаріїв для уникнення логічних конфліктів (наприклад, одночасного ввімкнення підсистем опалення та охолодження).
4. Підсистема безпеки об'єднує велику кількість датчиків, що у позаштатних ситуаціях може призвести до генерації надлишкового масиву сповіщень. Доцільно було б передбачити алгоритми контекстної фільтрації або агрегації алертів, щоб запобігти інформаційному перевантаженню користувача (alert fatigues) та виділяти лише найбільш критичні події.
5. У тексті дисертації наявні поодинокі синтаксичні та пунктуаційні помилки, а також дрібні неточності у форматуванні окремих ілюстративних матеріалів та лістингів коду.

Слід зазначити, що наведені зауваження не применшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

10 ЗАГАЛЬНІ ВИСПОВКИ ТА ОЦІНКА ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертаційна робота Хоменка Євгенія Вікторовича є самостійною, завершеною науково-дослідною працею, яка вирішує важливе науково-прикладне завдання створення локальних програмно-апаратних систем моніторингу та керування станом приміщень.

Отримані результати характеризуються належним рівнем наукової новизни, достатньою теоретичною обґрунтованістю, практичною цінністю та підтверджені результатами експериментальних досліджень.

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, доцент,
професор кафедри інформаційних
систем та мереж Національного
університету «Львівська
політехніка»



(підпис)

Вікторія ВИСОЦЬКА