

ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри електронних обчислювальних машин

Харківського національного університету радіоелектроніки

доктора технічних наук, професора Волка Максима Олександровича

на дисертаційну роботу Шиман Анни Павлівни

«Синтез кластера граничного шару комп'ютерної системи

підтримки Інтернету речей»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Актуальність теми. У сучасних умовах стрімкого розвитку Інтернету речей та зростання кількості підключених пристроїв суттєво ускладнюється задача обробки великого обсягу даних у реальному часі. Збільшення кількості транзакцій, які генеруються сенсорами та іншими пристроями, призводить до підвищеного навантаження на інфраструктуру та потребує зміщення обробки ближче до джерела її виникнення. При цьому важливо враховувати динаміку навантаження, обмежені обчислювальні можливості пристроїв граничного шару та вимоги до оперативності обслуговування запитів. У таких умовах актуальним є завдання ефективного використання ресурсів граничного шару, зокрема через оптимальне формування кластерів та прогнозування їх часових параметрів. Розробка методів, що дозволяють адаптивно керувати обчислювальними процесами з урахуванням структури навантаження і можливих змін у системі, є необхідною умовою для забезпечення стабільної роботи комп'ютерних систем підтримки Інтернету речей.

Отже, дослідження методів синтезу кластерів граничного шару з урахуванням обмежень IoT-середовищ є актуальним та відповідає сучасним технологічним викликам.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» НТУ «ХПІ». Здобувачка брала участь у науково-

дослідних роботі «Моделі і методи обробки даних і розподілу мережних ресурсів в комп'ютерних системах (ДР №0122U200527, компанія «LineUp», м. Харків), в котрій здобувачка брала участь у якості виконавиці окремого розділу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі. Ознайомлення з дисертаційною роботою засвідчує, що представлені в ній наукові результати, сформульовані висновки та практичні рекомендації є переконливими, послідовно викладеними та належно обґрунтованими. Для їх досягнення авторкою було здійснено всебічне дослідження, що охоплює як теоретичні розробки, так і експериментальні перевірки, з використанням актуальних джерел сучасної наукової літератури, у тому числі міжнародного рівня.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням як класичних підходів, так і новітніх методів аналізу, глибоким опрацюванням літературних джерел, чітким формулюванням дослідницьких завдань і логічною структурою їх вирішення.

Проміжні й підсумкові результати дослідження були представлені на міжнародних конференціях та оприлюднені у фахових виданнях, що додатково підтверджує їх відповідність сучасним науковим стандартам. Важливим доказом достовірності є також внутрішня узгодженість матеріалу, зіставність із відомими науковими даними та позитивні результати практичного застосування.

У ході виконання дисертації авторка повною мірою реалізувала поставлену мету та розв'язала усі завдання, сформульовані на початковому етапі роботи. Кожний розділ містить логічно завершені висновки, які чітко відображають основні етапи дослідження та підкреслюють прикладну значущість отриманих результатів

У цілому, зміст і результати дослідження, викладені у дисертаційній роботі Шиман Анни Павлівни, свідчать про високий рівень наукової достовірності, глибину опрацювання проблеми та практичну цінність проведеного дослідження.

Достовірність результатів досліджень. Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних

експериментальних досліджень.

Наукові результати були використані при моделюванні процесів обробки оперативних транзакцій у граничному шарі комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Удосконалено метод побудови функціональних моделей кластерів граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей, який відрізняється від відомих використанням апарату узагальнених часових мереж Петрі, що дозволило отримати значення перехідних ймовірностей між станами мережі та різні рівні деталізації при моделюванні процесу робочого навантаження.

2. Отримав подальший розвиток метод формування кластера граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей шляхом використання функціональної моделі кластера та апарату напівмарковських процесів з можливою редукцією кількості станів мережі Петрі.

3. Удосконалено метод короткострокового прогнозу часових параметрів кластера граничного шару Інтернету речей, який враховує обмежені обчислювальні можливості вузлів граничного шару Інтернету речей та базується на відповідній функціональній моделі.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Серед основних результатів дисертаційного дослідження варто відзначити наступне.

1. Запропоновано метод побудови функціональних моделей кластерів граничного шару на основі часових мереж Петрі, який забезпечує точне моделювання процесів обробки транзакцій у системах IoT.

2. Розроблено підхід до перевірки адекватності моделей, що базується на порівнянні з експериментальними даними, що дозволяє оцінювати якість моделі без додаткового фізичного тестування.

3. Сформовано метод формування кластерів з урахуванням обмежених ресурсів пристроїв граничного шару, що дало змогу зменшити середній час обробки транзакцій та покращити розподіл навантаження.

Практична цінність полягає у використанні наступних результатів досліджень.

1. На підприємстві EURO RAIL SP. Z O.O. (місто Краків) в ході дослідницьких робіт при проектуванні комплексної рекомендаційної системи.

2. У навчальний процес кафедри “Комп’ютерна інженерія та програмування” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

3. У навчальний процес кафедри “Системи інформації ім. В.О. Кравця” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні ідеї здобувачки та результати дослідження опубліковано у 16 наукових працях, серед яких: 5 статей у фахових виданнях України, зокрема одна — у журналі, що індексується базою Scopus; 9 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях; а також 2 публікації в матеріалах міжнародних конференцій, включених до наукометричної бази Scopus.

Участь здобувачки у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи. Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Усі положення, винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві.

Дисертаційна робота Шиман Анни Павлівни складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Обсяг основного тексту дисертації відповідає встановленим вимогам.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність обраної тематики, сформульовано мету та основні задачі дослідження, визначено наукову новизну й

практичну значущість отриманих результатів, описано зв'язок роботи з науковими темами, а також наведено відомості щодо апробації та публікацій.

У першому розділі проведено огляд сучасного стану розвитку технологій Інтернету речей, проаналізовано особливості функціонування граничного шару комп'ютерної системи підтримки IoT. Обґрунтовано необхідність удосконалення методів формування кластерів граничного шару, сформульовано наукову задачу та окреслено напрями подальших досліджень.

У другому розділі розроблено метод побудови функціональних моделей кластерів граничного шару комп'ютерної системи. Визначено послідовність дій при моделюванні фрагментів реального часу, побудовано алгоритм перетворення подієвих графів у часові мережі Петрі, а також запропоновано підхід до оцінки адекватності сформованих моделей.

У третьому розділі сформульовано методика формування кластерів граничного шару на основі функціональних моделей і апарату напівмарковських процесів. Запропоновано метод редукції кількості станів часової мережі Петрі, що дозволяє зменшити обчислювальну складність і покращити ефективність обробки транзакцій.

У четвертому розділі удосконалено метод прогнозування часових параметрів кластера граничного шару з урахуванням обмежених обчислювальних можливостей IoT-вузлів. Наведено оцінювання точності прогнозування, середнього часу виконання транзакцій і відповідності моделі фактичній поведінці системи в порівнянні з класичними методами.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. Висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список використаних джерел широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості джерел пов'язаних з захистом інформації, інтелектуальними методами та метриками оцінки їх ефективності.

Академічна доброчесність. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено авторкою на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

У першому розділі викладено технічні характеристики і концепції, пов'язані з архітектурою IoT-систем, однак мало уваги приділено конкретним прикладам реального застосування граничного шару в промисловості, логістиці або смарт-інфраструктурі, що могло б посилити прикладний контекст дослідження.

Наведені у другому розділі функціональні моделі не враховують впливу різномірності вхідних транзакцій або варіацій навантаження в часі, що може впливати на точність моделювання в умовах реальних експлуатаційних сценаріїв.

У третьому розділі викладено метод редукції кількості станів часової мережі Петрі, однак не представлено перевірки збереження важливих властивостей мережі, таких як живучість чи досяжність, після спрощення структури.

У четвертому розділі результати оцінювання точності прогнозу наведено без зазначення меж похибки або довірчих інтервалів, що ускладнює об'єктивну інтерпретацію отриманих числових значень та їх застосування в практичних умовах.

Для підвищення універсальності запропонованих рішень доцільно було б розглянути можливість їх адаптації до різних конфігурацій систем Інтернету речей, зокрема — до змін топології, типів трафіку та обмежень на рівні пристроїв. Такий підхід дозволив би підвищити гнучкість моделей і забезпечити ширшу сферу їх практичного застосування.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Шиман Анни Павлівни «Синтез кластера граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей» за своїм змістом відповідає спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій розв'язано важливу науково-прикладну задачу підвищення ефективності використання обчислювальних ресурсів граничного шару шляхом удосконалення методів синтезу кластерів у комп'ютерній системі підтримки Інтернету речей.

Подана дисертаційна робота Шиман Анни Павлівни «Синтез кластера граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей» відповідає спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувачка Шиман Анна Павлівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри електронних

обчислювальних машин Харківського

національного університету радіоелектроніки

23.06.2025



Максим ВОЛК

Підпис проф. Волка М.О. засвідчую

Учений секретар Харківського національного

університету радіоелектроніки

23.06.2025



Ірина ЖАРКОВА