

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора Поворознюка Анатолія Івановича
на дисертаційну роботу Шиман Анни Павлівни «Синтез кластера
граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

1. Актуальність теми

Сучасний розвиток Інтернету речей супроводжується зростанням кількості пристроїв і обсягів даних, що потребують обробки в режимі, наближеному до реального часу. У таких умовах граничний шар комп'ютерної системи набуває особливого значення, адже саме він забезпечує попередню обробку транзакцій і зменшує затримки. Під час пікових навантажень ефективне функціонування граничного шару залежить від здатності системи адаптивно розподіляти ресурси з урахуванням обмежених можливостей IoT-вузлів. Формування кластерів дозволяє уникати перевантажень, покращувати розподіл навантаження та забезпечувати стабільну обробку запитів.

Таким чином, тема дисертації є актуальною в контексті розвитку цифрових технологій, автоматизованих систем і підвищених вимог до швидкодії та надійності комп'ютерної інфраструктури.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота була виконана у межах науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» в рамках науково-дослідної теми: «Моделі і методи обробки і розподілу мережних ресурсів в комп'ютерних системах» (ДР №0122U200527, компанія «LineUp», м. Харків), де здобувачка брала участь у якості виконавиці окремого розділу.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Грунтовно проаналізувавши дисертаційну роботу можна відмітити, що наукові положення, висновки та рекомендації, що висвітлені в роботі, є

достатніми, повними, а також належними чином обґрунтованими. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які наведені в дисертаційній роботі Шиман А.П., забезпечується аргументованою постановкою мети й задач дослідження, повнотою формулювання умов та обмежень при проведенні досліджень та застосування результатів, використанням сучасного математичного апарату та комп'ютерного моделювання.

Робота Шиман А.П. є завершеною науковою роботою та присвячена удосконаленню методів синтезу кластерів граничного шару для підвищення ефективності обробки оперативних транзакцій в системах підтримки Інтернету речей. Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення результатів, а також наведено дані щодо апробації та впровадження основних положень дисертації.

У першому розділі проведено огляд сучасного стану розвитку систем Інтернету речей і проаналізовано особливості функціонування граничного шару. На основі аналізу сформульовано постановку задачі дослідження.

У другому розділі розроблено метод побудови функціональних моделей кластерів граничного шару з використанням апарату узагальнених часових мереж Петрі. Визначено структуру моделі та методику її оцінювання для опису процесів обробки транзакцій у системах реального часу.

У третьому розділі запропоновано метод формування кластерів граничного шару із застосуванням функціональної моделі та апарату напівмарковських процесів. Описано процедуру редукції кількості станів мережі Петрі, що дозволяє зменшити складність обчислень без втрати точності.

У четвертому розділі удосконалено метод короткострокового прогнозу часових характеристик кластерів з урахуванням обмежених ресурсів IoT-вузлів. Проведено імітаційне моделювання та оцінено ефективність прогнозування за

сукупністю критеріїв, що підтверджує придатність методу до практичного застосування.

У висновках узагальнено результати виконаного дослідження та сформульовано основні наукові положення, що виносяться на захист.

Список літератури досить широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання авторкою значної кількості вітчизняних та іноземних джерел.

Додатки містять інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

Вищевикладене свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладено у дисертаційній роботі Шиман Анни Павлівни

4. Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі Шиман А.П. отримано такі науково обґрунтовані результати:

– розроблено метод побудови функціональних моделей кластерів граничного шару комп'ютерної системи підтримки Інтернету речей із використанням апарату узагальнених часових мереж Петрі, що дозволяє враховувати структуру транзакцій, задавати перехідні ймовірності між станами та адекватно відображати динаміку навантаження у системах реального часу;

– запропоновано метод синтезу кластерів граничного шару на основі скороченої моделі, що базується на процедурі редукції кількості станів мережі Петрі. Це дозволило зменшити обчислювальну складність без втрати точності, зокрема при збільшенні кількості застосунків у кластері;

– удосконалено метод короткострокового прогнозу часових характеристик кластерів граничного шару, що враховує обмежені обчислювальні можливості IoT-вузлів. Оцінка ефективності методу показала покращення точності прогнозу на 15% у порівнянні з класичним методом при плануванні оперативного перерозподілу ресурсів.

За результатами дослідження підтверджено теоретичну обґрунтованість і практичну цінність запропонованих методів синтезу кластерів граничного шару, надано рекомендації щодо їх застосування в комп'ютерних системах підтримки IoT та окреслено напрями подальшого розвитку досліджень.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практична цінність полягає в безпосередньому використанню запропонованих моделей і методів при впровадженні сучасних комп'ютерних систем підтримки Інтернету речей, зокрема на рівні граничного шару. При цьому:

- реалізація розроблених методів формування кластерів граничного шару дозволяють зменшити середній час обробки оперативних транзакцій до 8%, що підтверджує ефективність використання запропонованих підходів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів IoT-вузлів;

- запропонований метод короткострокового прогнозу дозволяє своєчасно реагувати на зміну навантаження та забезпечує оперативний перерозподіл ресурсів, при цьому точність прогнозу може бути підвищена до 15% у порівнянні з класичними методами;

- результати моделювання підтвердили перевагу запропонованого підходу за часовими характеристиками: розбіжність з експериментальними даними при застосуванні розробленого методу складала менше 1%, у той час як для класичного — понад 5%.

Результати дослідження впроваджені на підприємстві «EURO RAIL SP. Z O.O.» (м. Краків, Польща), а також у навчальному процесі кафедр

«Комп'ютерна інженерія та програмування» та «Системи інформації ім. В.О. Кравця» НТУ «ХПІ» при викладанні низки дисциплін.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Оформлення дисертації відповідає вимогам. Дисертація написана грамотною науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів, текст і графічний матеріал виконані акуратно з використанням комп'ютерної техніки. Робота виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні положення дисертації та результати дослідження викладено в 5 фахових статтях, одна з яких в індексована в Scopus. Також здобувачка активно брала участь в міжнародних та українських конференціях, де було проведено апробацію наукових результатів дисертаційного дослідження. Основні результати дисертаційної роботи у цих публікаціях відображено належним чином.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

У процесі ознайомлення з дисертаційною роботою позитивне враження справило чітке обґрунтування наукових положень, логіка викладення та застосування сучасних методів математичного моделювання – зокрема, апарату часових мереж Петрі та напівмарковських процесів.

Разом із тим виникли наступні зауваження:

1. В першому розділі при аналізі хмарної інфраструктури підтримки мережі IoT, варто було більш чітко описати особливості обчислювальних ресурсів хмарного, туманного та граничного шарів та їх взаємозв'язок в вигляді окремої схеми, сформулювати невирішені проблеми при такій взаємодії, та на основі їх аналізу обґрунтувати актуальність дисертаційної роботи, а саме підвищення ефективності використання обчислювальних ресурсів граничного

шару при обробці оперативних транзакцій шляхом удосконалення методів синтезу окремих кластерів граничного шару Інтернету речей

2. У другому розділі запропоновані моделі базуються на фіксованих трасах виконання транзакцій, що обмежує їхню здатність адаптуватися до раптових змін навантаження, таких як імпульсні чи сплескові коливання інтенсивності транзакцій. У таких умовах модель може не відображати реальну продуктивність системи.

3. У третьому розділі представлено оптимізаційне співвідношення для формування кластерів із урахуванням мінімізації середнього часу виконання транзакцій. Водночас такий підхід не враховує важливість самих транзакцій, що в окремих випадках може призвести до однакової затримки як критичних, так і неважливих викликів.

4. У другому та третьому розділах зустрічаються елементи огляду.

5. У четвертому розділі вдосконалено метод короткострокового прогнозування з використанням рекурентних оцінок. Попри продемонстровану точність, у випадках інтенсивного змінного навантаження модель може потребувати додаткового коригування для підтримання стабільності обслуговування.

6. Хоча результати дослідження були впроваджені у діяльність підприємства «EURO RAIL SP. Z O.O.» та в навчальний процес НТУ «ХПІ», доцільним виглядало б доповнення дисертації розширеним аналізом отриманих результатів впровадження — зокрема у завершальній частині четвертого розділу. Це надало б ще більшої прикладної ваги дисертаційній роботі.

Вищенаведені недоліки не впливають на позитивне рішення цієї рецензії, та мають рекомендаційний характер для подальших досліджень здобувача за тематикою дисертації.

9. Висновки

Дисертаційна робота Шиман А.П. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі

знань 12 – Інформаційні технології та спеціальності 123 – Комп’ютерна інженерія.

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Шиман Анни Павлівни «Синтез кластера граничного шару комп’ютерної системи підтримки Інтернету речей» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2022 № 40, а сама авторка, Шиман Анна Павлівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 123 – Комп’ютерна інженерія.

Рецензент:

професор кафедри
комп’ютерної інженерії та програмування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
доктор технічних наук, професор

Анатолій ПОВОРОЗНЮК

