

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу Коваленка Андрія Анатолійовича «Моделі та методи синтезу і реконфігурації архітектур комп'ютерних систем і мереж об'єктів критичного застосування», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Сучасна електроенергетика, мережі газо- та нафтопроводів, транспортна система та багато інших виробництв є об'єктами критичного застосування (ОКЗ). Від них життєво залежить суспільство і суттєве порушення їхнього функціонування може призвести до техногенної катастрофи. Такі ОКЗ, у переважній більшості випадків, містять у своїй основі комп'ютерні системи (КС), до яких висуваються підвищені вимоги щодо надійності та ефективності функціонування. Ці вимоги безпосередньо стосуються і комп'ютерних мереж (КМ), для побудови яких широко використовують сучасні цифрові засоби передавання та оброблення інформації.

Виконання вказаних вимог залежить від ступеня впровадження сучасних технологій передавання та оброблення інформації. Бездротові технології разом з методами адаптивної маршрутизації дозволяють будувати повний набір можливих конфігурацій з'єднань між абонентами мережі. Це надає можливості для суттєвого збільшення живучості усієї КС в цілому за рахунок створення резервних маршрутів передачі інформації з постійним автоматичним контролем цілісності архітектури мережі, що забезпечує оперативне реагування на будь-які зміни.

Як в науковому, так і в прикладному аспектах важливою проблемою є створення архітектур КС і КМ, що враховують специфіку роботи системи та потоків інформації. Вирішення цієї проблеми має ґрунтуватися на розробці методології синтезу нових і реконфігурації існуючих архітектур комп'ютерних систем і мереж.

Тема досліджень відповідає планам наукової та науково-технічної діяльності Харківського національного університету радіоелектроніки і Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та виконана в рамках Проекту Європейського Союзу TEMPUS-GREENCO (Green Computing and Communication) 530270-TEMPUS-1-2012-UK-TEMPUS-JPCR (2012 – 2015 pp.) і Проекту Європейського Союзу TEMPUS-SEREIN (Modernization of Postgraduate Studies on Security and Resilience for Human and

Industry Related Domains) 543968-TEMPUS-1-2013-1-EE-TEMPUS-JPCR (2013 – 2016 pp.), а також в рамках науково-дослідних робіт: «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (ДР № 0116U002539), «Наукові основи, методи та засоби зеленого комп'ютингу та комунікацій» (ДР № 0115U000996), «Методологія сталого розвитку та інформаційні технології зеленого комп'ютингу та комунікацій» (ДР № 0118U003822),

Таким чином, усе сказане обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Коваленка А.А. і наукову новизну сформульованих в ній задач досліджень.

2. Наукова новизна результатів роботи

У результаті виконання дисертаційної роботи вирішено актуальну науково-прикладну проблему забезпечення вимог щодо оперативності процесу обміну інформацією в комп'ютерних системах об'єктів критичного застосування на основі розробки моделей і методів синтезу нових і реконфігурації існуючих архітектур комп'ютерних систем і мереж.

Виходячи з того, що нові наукові результати - це нові знання в певній галузі фундаментальних чи прикладних наук, можна вважати основними науковими результатами дисертації такі:

– вперше розроблений комплекс методів багатопараметричного синтезу архітектур комп'ютерних систем і мереж об'єктів критичного застосування, який базується на їх стратифікації на інформаційному та технічному рівнях та оптимізує витрати на побудову компонентів комп'ютерної системи об'єкту критичного застосування, що забезпечують виконання вимог з оперативності;

– вперше розроблений комплекс моделей еволюції архітектур комп'ютерних мереж об'єктів критичного застосування, який враховує динаміку розвитку комп'ютерної системи і базується на балансуванні навантаження мереж, що дозволяє виконати прогноз змін архітектури мережі протягом фіксованого часового інтервалу;

– вперше розроблений комплекс методів реконфігурації комп'ютерних мереж об'єктів критичного застосування, який враховує специфіку трафіку та характерних для об'єктів критичного застосування процесів в мережі і базується на використанні кратномасштабного дискретного вейвлет-перетворення, що дозволяє скорегувати множину параметрів функціонування бездротових компонентів мережі для зменшення часу передачі інформації;

– удосконалену модель процесу розподілу задач між компонентами розподіленої комп'ютерної системи об'єкту критичного застосування за рахунок декомпозиції глобальної оптимізаційної задачі на окремі підзадачі, що дозволяє при великих розмірностях суттєво прискорити рішення відповідної задачі оптимізації;

– удосконалену математичну модель функціонування хмарної компоненти комп'ютерної мережі об'єкту критичного застосування, яка відрізняється від відомих механізмів врахування зміни довжини пакету з використанням перетворення Лагранжа, що дозволяє прискорити процес передачі інформації;

– удосконалений метод побудови оптимальних часових шкал для апроксимації довжини черг комп'ютерної мережі об'єкту критичного застосування, який відрізняється від відомих використанням результатів короткострокового прогнозу поведінки трафіку, що дозволяє визначити довжину черг при реконфігурації мережі;

– удосконалений метод передачі інформації у бездротовому сегменті комп'ютерної мережі об'єкту критичного застосування, який відрізняється від відомих врахуванням події «хендовер», що забезпечує зменшення часу передачі інформації.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірність.

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими за рахунок коректного використання теоретико-множинного підходу, методів теорії масового обслуговування, оптимізаційних моделей та методів дослідження операцій, методів теорії інформації та складних систем, методів функціонального аналізу.

Достовірність основних наукових результатів роботи підтверджується наведеною в розд. 2-6 системою формальних методик і перетворень, що не містить принципових помилок, а також рядом прикладів і збіжністю результатів комп'ютерного моделювання з теоретичними результатами.

4. Цінність дисертаційної роботи для науки.

Цінність дисертації полягає в тому, що в ній запропоновано нове вирішення важливої науково-прикладної проблеми в теорії проектування комп'ютерних систем і мереж об'єктів критичного застосування. Змістовний аспект запропонованого вирішення, який спрямований на розширення класу

моделей і методів синтезу, аналізу та реконфігурації архітектур комп'ютерних систем і мереж, що забезпечують підвищення оперативності передачі інформації, не був відомий раніше.

5. Практична корисність роботи.

Практична корисність роботи обумовлена тим, що використання запропонованих в ній моделей, формальних методів і конкретних рішень дозволяє проектувати більш досконалі, порівняно з відомими, комп'ютерні системи і мережі об'єктів критичного застосування.

Практичне значення роботи підтверджується впровадженням результатів досліджень на Державному підприємстві «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості» (м. Харків), на Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування» (м. Харків), у ТОВ «НВП «Радікс» (м. Кропивницький), а також у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки і Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.

Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження вимогам.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок роботи з науковими проектами і темами, сформульовано мету та задачі досліджень, наведено методи дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача та наведено відомості про впровадження, апробації, структуру роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз видів забезпечення КС ОКЗ, тенденцій їх розвитку та вимог до відповідних архітектур. Показана необхідність розробки підходів до оптимізації архітектур.

У **другому розділі** досліджено методи розв'язання задач оптимізації процесів формування та зміни архітектур. Як один з перспективних варіантів, для цього використано алгоритми розв'язання різноманітних задач дискретного програмування. Це дозволило перейти до розробки методів синтезу і реконфігурації компонент архітектур КС і мереж, оскільки за основу при цьому обрано відповідні обмеження. Проведено огляд підходів до вибору часових шкал з метою проведення аналізу черг мереж ОКЗ. Вибір часових шкал, у свою чергу, є основою побудови адекватних моделей

трафіку всередині КС ОКЗ задля планування і розподілу завантаження КМ ОКЗ. Також проведено дослідження моделей мережевого трафіку та розроблено узагальнений показник ефективності функціонування КС і мереж ОКЗ поряд з оптимізаційною задачею.

У третьому розділі здійснено розробку моделей і методів, що орієнтовані на синтез КС і мереж ОКЗ. Запропоновано комплекс методів багатопараметричного синтезу архітектур КС і мереж ОКЗ, що дозволяє оптимізувати витрати на побудову компонентів, які забезпечують виконання вимог щодо оперативності. Розроблено модифікацію моделі процесу розподілу задач між компонентами розподіленої КС ОКЗ та розроблено комплекс моделей еволюції архітектур комп'ютерних мереж ОКЗ, який дозволяє прогнозувати зміни архітектури мережі протягом фіксованого часового інтервалу.

Четвертий розділ присвячено питанням реконфігурації комп'ютерних мереж ОКЗ. Поряд з дослідженням їх пропускнуої здатності, досліджено питання підвищення ефективності та розроблено комплекс методів реконфігурації комп'ютерних мереж ОКЗ, що дозволяє скорегувати множину параметрів функціонування бездротових компонентів для зменшення часу передачі інформації. Для цього розроблено декомпозиційну модель фрактального трафіку, що дозволяє враховувати властивості фрактальності інформаційного трафіку і особливості бездротових мереж для забезпечення оптимального використання пропускнуої здатності.

У п'ятому розділі запропоновано удосконалення математичної моделі функціонування хмарної компоненти комп'ютерних мереж ОКЗ, використання якої дозволяє прискорити процес передачі інформації. Також удосконалено метод побудови оптимальних часових шкал для апроксимації довжини черг комп'ютерних мереж ОКЗ. Удосконалено метод передачі інформації у бездротовому сегменті КМ ОКЗ, який дозволяє зменшити час передачі даних.

Шостий розділ присвячено експериментальним дослідженням. Наведено обрані метрики та відповідні переваги застосування кожного із запропонованих у дисертаційній роботі результатів.

У висновках наведено стислу характеристику основних результатів досліджень.

Таким чином, можна зробити висновок, що дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням.

8. Повнота викладення основних результатів дисертації.

Основні результати дисертації достатньо повно відображено в 59 наукових працях, серед яких 4 колективні монографії, що внесені до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS, 29 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонних наукових виданнях, 4 статті у наукових виданнях України, 21 теза доповідей на міжнародних конференціях, 9 з яких внесені до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS.

9. Автореферат дисертації.

Автореферат дисертації за своїм змістом повністю відповідає дисертаційній роботі.

10. Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації.

1. У вступі автор перелічує прізвища 22 зарубіжних і вітчизняних вчених, роботи яких він вважає найважливішими в напрямі дисертаційного дослідження. Однак у списку використаних джерел наведено праці лише 8 вчених.

2. Автор відзначає, що «Географічна розподіленість компонент КС ОКЗ регламентує жорсткі вимоги до оперативності функціонування» і «... це, в першу чергу, стосується посилення вимог до часу реакції КС ОКЗ на події, пов'язані з об'єктом контролю». Однак жодного кількісного значення потрібного часу реакції не наведено. Певний час доставки повідомлення може бути критичним для автоматичного керування і некритичним у разі прийняття рішення людиною.

3. Огляди відомих праць, наведені в 2.1.1 «Комбінаторні алгоритми оптимізації», 2.1.2 «Методи зміни простору рішень», 2.2 «Огляд підходів до вибору часових шкал для проведення аналізу черг», 2.3 «Огляд моделей трафіка, що використовуються під час аналізу черг», 4.1 «Аспекти функціонування протоколів у бездротових мережах», 4.2 «Особливості передачі інформації в бездротових компонентах КМ ОКЗ», 4.5.1 «Особливості події «хендовер»» і 4.5.2 «Особливості події «хендовер» в бездротових компонентах КМ ОКЗ на основі технології IEEE 802.16», доцільно було б навести в розділі 1.

4. На стор.144 автор відзначає таке: «Методи шифрування підвищують надмірність інформації, що призводить до збільшення часу, необхідного для обробки пакетів даних, що, в свою чергу, призводить до зниження пропускної здатності мережі». Такий висновок є некоректним,

оскільки одна з вимог до методів шифрування полягає в тому, що довжина зашифрованого повідомлення має бути такою самою, як довжина відкритого повідомлення. Можливо автор мав на увазі те, що криптографічні протоколи складніше за прості протоколи передавання інформації.

5. У підрозд. 4.4.1 для визначення значення показника Херста без обґрунтування пропонується використання кратномасштабного вейвлет-аналізу.

6. У підрозд. 4.6 описується запропонований автором метод управління маршрутами передачі інформації у бездротових компонентах КМ ОКЗ, і при цьому відзначається, що він спрямований на реалізацію раціональної маршрутизації службової інформації. Однак фактично мова йде про зміну частоти поширення повідомлення HELLO, а не про її конкретні маршрути.

7. Запропонований автором метод передачі інформації для модифікації транспортних протоколів бездротового сегменту КМ ОКЗ охарактеризовано лише якісними перевагами (більша ефективність, менші флуктуації розміру ковзаючого вікна і значно менша кількість повторних передач пакетів). Бажано було б навести кількісні оцінки.

8. Незрозумілим є словосполучення «Польові пристрої ОКЗ», яке наведено на рис.6.14. «Типова архітектура компонент КС ОКЗ».

9. У підрозд. 6.3 «Експериментальне дослідження аспектів реконфігурації бездротових компонент КМ ОКЗ» наведено результати дослідження моделі мережі, що має три зони обслуговування WiMAX. У першій зоні присутні сім рухомих вузлів, а в другій і третій – по чотири. Однак відсутні пояснення щодо вибору кількості зон і кількості рухомих об'єктів у кожній зоні.

10. Незрозуміло, чому під час експериментальних досліджень розглядаються голосовий та відеотрафік (складається з 15 відеокліпів), які не є основними для КМ ОКЗ.

11. Загальна оцінка дисертації.

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що в дисертації отримано нове вирішення важливої актуальної науково-прикладної проблеми забезпечення вимог щодо оперативності процесу обміну інформацією в комп'ютерних системах і мережах об'єктів критичного застосування на основі розробки моделей і методів синтезу нових і реконфігурації існуючих архітектур комп'ютерних систем і мереж.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Вважаю, що за актуальністю вибраної теми, обсягом і рівнем виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, достовірністю і обґрунтованістю висновків, новизною досліджень, значенням отриманих результатів для науки і практики дисертаційна робота задовольняє вимогам п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМУ від 19 серпня 2015 року № 656, а її автор, Коваленко Андрій Анатолійович, заслуговує присвоєння наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент
завідувач кафедри захисту інформації
Вінницького національного
технічного університету,
д.т.н., професор



В.А. Лужецький

"18" жовтня 2018 р.

