

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Яцківа Василя Васильовича «Теоретичні основи створення і структурна організація компонентів безпроводних сенсорних мереж підвищеної ефективності», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми.

Задачею безпроводних сенсорних мереж (БСМ) є збір даних з розподілених на значній території сенсорів фізичних параметрів. БСМ знаходять застосування в системах екологічного, технічного та медичного моніторингу.

Традиційним підходом до підвищення продуктивності БСМ є нарощування обчислювальних потужностей вузлів – тактової частоти мікроконтролера, об'єму пам'яті, і покращення їх характеристик, що забезпечується розвитком інтегральних технологій в цілому, а також підвищення пропускної здатності каналів зв'язку за рахунок розширення смуги пропускання. Однак внаслідок того, що збільшення потужності безпроводних вузлів приводить до скорочення тривалості їх роботи, що пов'язано з живленням від автономного джерела, такий підхід не дозволяє підвищити ефективність роботи БСМ в цілому.

В більшості випадків БСМ проектуються з наперед визначеними функціями, однак часто виникає ситуація, що призводить до необхідності розширення функцій мережі або навіть зміни завдання. При реалізації вузлів на заказних інтегральних схемах здійснити реконфігурацію вузлів неможливо. Тому хорошою альтернативою для побудови(і) вузлів безпроводних сенсорних мереж можуть стати програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС), особливо для мереж, які проводять збір, обробку та передачу мультимедійних даних. У порівнянні з мікроконтролерами (На відміну від мікроконтролерів) обробка даних в ПЛІС може відбуватися паралельно, відповідно зростає обчислювальна ефективність.

В наукових дослідженнях останніх років, які скеровані (спрямовані) на підвищення ефективності БСМ, значна увага приділяється методам маршрутизації, локальній обробці даних та підвищенню надійності передачі даних. Ці підходи дають змогу підвищити ефективність роботи БСМ за рахунок вибору оптимальних маршрутів передачі, мінімізації обсягу даних, які передаються, та зменшенні кількості повторних передач пакетів при спотворенні даних.

При цьому проблемними залишаються питання вибору методів обробки та типів і алгоритмів завадостійкого кодування даних, так як ефективні алгоритми обробки та коректуючі коди вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Вирішенню цієї актуальної проблеми – підвищення ефективності

функціонування безпроводних сенсорних мереж і присвячена дана дисертаційна робота.

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планами науково-дослідних робіт Науково-дослідного інституту інтелектуальних комп'ютерних систем та факультету комп'ютерних інформаційних технологій Тернопільського національного економічного університету.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів. В дисертаційній роботі виконано теоретичне обґрунтування та отримано рішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж шляхом розвитку теоретичних основ та засобів перетворення, обробки і передачі даних на базі системи залишкових класів та модулярної арифметики.

Наукова новизна відображена у наступних отриманих результатах, які мають теоретичну цінність:

1) вперше розроблено метод мережного кодування даних, який базується на перетворенні системи залишкових класів і забезпечує підвищення загальної пропускної здатності безпроводної сенсорної мережі за рахунок поділу пакетів даних на підпакети з використанням взаємно простих модулів різної розрядності та об'єднання пакетів даних у спільних вузлах для їхньої подальшої передачі;

2) вперше розроблено метод виправлення багатократних помилок на основі модулярних коректуючих кодів, який базується на розв'язанні системи модулярних рівнянь і забезпечує високу швидкодію та низьку обчислювальну складність процесів виявлення і виправлення помилок;

3) вперше розроблено метод контролю помилок при виконанні арифметичних операцій додавання, віднімання та множення даних на основі модулярних коректуючих кодів, який забезпечує виявлення і корекцію помилок при виконанні арифметичних операцій;

4) вперше розроблено метод перетворення та обробки зображень у системі залишкових класів, який забезпечує стиснення зображень без втрат і підвищення швидкодії процесу кодування / декодування за рахунок поділу зображення на частини та паралельної обробки цих частин зображення;

5) розроблено концепцію побудови безпроводних сенсорних мереж на основі принципів колективного інтелекту та розподіленого процесора, яка, на відміну від відомих підходів, забезпечує виділення частини обчислювальних ресурсів безпроводних сенсорів для функціонування розподіленого процесора і високу живучість мережі за рахунок децентралізованого управління;

6) удосконалено модулярні коректуючі коди, які відрізняються від відомих тим, що обробляють дані, подані в позиційній системі числення, забезпечують високу швидкодію процесів обробки даних за рахунок паралельного виконання операцій модулярного множення та можливість адаптивної зміни коректуючої здатності кодів без зміни алгоритму роботи;

7) удосконалено метод передачі даних на основі стрибкоподібної зміни частоти, який базується на псевдовипадковій зміні частотного каналу і відрізняється від відомих методів тим, що забезпечує можливість виявлення

помилки на фізичному рівні безпроводних сенсорних мереж за рахунок поділу даних у системі залишкових класів із розширеною системою модулів та передачі залишків на різних частотних каналах;

8) отримав подальший розвиток метод підвищення надійності передачі мультимедійних даних у безпроводних сенсорних мережах, який відрізняється від відомих методів можливістю виправлення пакетів помилок за рахунок формування транспонованої матриці даних, захищених модулярним коректуючим кодом, у кодері та виконання оберненої операції в декодері.

Визначені основні наукові результати є **новими**.

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку теоретичних основ та методів перетворення, обробки, кодування і передавання даних на основі системи залишкових класів та модулярної арифметики з урахуванням апаратних обмежень сенсорних вузлів, які забезпечили підвищення надійності та продуктивності функціонування безпроводних сенсорних мереж.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- Розроблені модулярні коректуючі коди та синтезований на ПЛІС пристрій виправлення помилок в двох інформаційних символах на основі модулярних коректуючих кодів, в якому пошук мультиплікативних обернених елементів реалізовано у вигляді таблиць, використано на підприємстві ТОВ “Тернопільське конструкторське бюро радіозв’язку “Стріла” для підвищення надійності передачі даних в системі контролю електричних підстанцій.

- Розроблений метод мережного кодування та протокол передачі даних в безпроводних сенсорних мережах використано на підприємстві ТОВ “Яваре” при розробці інтелектуальної системи клімат контролю великих офісних приміщень.

- Розроблений метод перетворення та стиснення зображень без втрат в системі залишкових класів використано у КП “Тернопіль Інтеравіа” для підвищення ефективності роботи системи централізованого відеоспостереження міста Тернополя, а також при виконанні міжнародного наукового проекту “Безпроводні мультимедійні сенсорні мережі на основі модулярної арифметики та кодів Галуа для систем відеоспостереження”.

- Створений генератор Verilog-коду для синтезу на ПЛІС декодера модулярних коректуючих кодів, який автоматично генерує Verilog-код за заданими параметрами, використаний у корпорації “Cypress Semiconductor” при розробці апаратно-програмного забезпечення модулів CY8CKIT-050 PSoC 5 і CyFi (CYRF7936) для підвищення надійності передачі даних у безпроводних сенсорних мережах;

- Розроблений на ПЛІС пристрій перетворення зображення у систему залишкових класів з розширеною системою модулів використаний при виконанні науково-дослідної роботи “Методи та засоби побудови безпроводних мультимедійних сенсорних мереж на основі модулярної арифметики”.

Методологічні й наукові результати дисертаційної роботи отримали використання в навчально-методичному забезпеченні лекційних курсів з дисциплін «Проектування реконфігурованих апаратно-орієнтованих процесорів

на програмованих логічних інтегральних схемах», «Дослідження і проектування вбудованих КС», «Системи передавання даних», «Безпроводні комунікаційні системи», які читаються студентам спеціальності «Спеціалізовані комп'ютерні системи» та «Інформаційні управляючі системи і технології» на кафедрі спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів. Отримані результати є обґрунтованими та достовірними, це підтверджується значним обсягом здійснених досліджень, поданим фактичним матеріалом та його науковою інтерпретацією, практичним використанням запропонованих розробок та апробацією на наукових конференціях й(і) семінарах.

У роботі коректно застосовано основні положення обчислювальної та дискретної математики, теорія(ю) інформації та кодування, теорії проектування спеціалізованих комп'ютерних систем, теорії цифрових автоматів, цифрової схемотехніки, моделювання алгоритмів та апаратних засобів комп'ютера. Достовірність висновків та рекомендацій підкріплена результатами моделювання, а також відповідними публікаціями.

Оцінюючи зміст дисертаційної роботи в цілому, слід відмітити її обґрунтованість та практичну спрямованість, внутрішню єдність матеріалу. У цілому поставлені в розглянутій дисертації завдання вирішені повністю. Здобувачем у дисертації отримані науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальну науково-прикладну проблему підвищення ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж шляхом розвитку теоретичних основ та засобів перетворення, обробки і передачі даних на базі системи залишкових класів та модулярної арифметики.

Дисертаційна робота оформлена згідно вимогам до докторських дисертацій.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати дисертації з достатньою повнотою відображено в 55 друківаних працях, з яких 23 статті у фахових наукових виданнях, 3 патенти України. Результати апробовано на науково-технічних конференціях, що зафіксовано в 29 опублікованих тезах та доповідях конференцій. Аналіз внеску автора в публікації по питаннях, висвітлених в дисертації, показав, що внесок Яцківа В.В. є *вирішальним*.

Рекомендації щодо використання результатів. Отримані автором результати можуть бути використані при розробці нових і модифікації існуючих безпроводних сенсорних мереж. Результати роботи доцільно використовувати в організаціях та на підприємствах, які займаються розробкою та експлуатацією розподілених комп'ютерних систем на основі безпроводних технологій передачі даних. Їх доцільно також використовувати в навчальному процесі, зокрема при викладанні курсів, пов'язаних з розробкою спеціалізованих комп'ютерних систем та методами високорівневого проектування компонентів безпроводних сенсорних мереж.

Автореферат повною мірою відображає зміст і основні положення дисертаційної роботи.

Недоліки дисертаційної роботи. Разом з тим дисертаційна робота має і ряд недоліків, серед яких необхідно відзначити наступні:

1. Перший розділ перевантажено довідковою інформацією, яку доцільно було б перенести до Додатків.
2. В розділу 2 необхідно було б навести кількісні показники ефективності для модифікованого методу стрибкоподібної зміни частот.
3. У 3 розділу запропоновано метод виявлення та виправлення помилок при виконанні арифметичних операцій додавання, віднімання і множення. Цікаво було б додати операцію ділення.
4. В 4 розділу автором розроблено метод адаптивної передачі даних. Однак не зовсім зрозуміло, як буде виконуватися алгоритм, якщо помилковими будуть перевірочні розряди?
5. При збільшенні розрядності від 32 біт буде зростати апаратні витрати (кількість ЛЕ), особливо для операції множення. Яка буде ситуація з розрядністю більш за 32 біт?
6. Для розглянутої безпроводної сенсорної мережі системи відеоспостереження об'єктів (п. 6.3) не наведено часові параметри при передачі даних.

Загальний висновок по дисертації. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій отримано рішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення продуктивності та ефективності функціонування безпроводних сенсорних мереж шляхом розвитку теоретичних основ та засобів перетворення, обробки і передачі даних на основі системи залишкових класів та модулярної арифметики.

Робота є *актуальною*, містить *нові наукові результати*, автором дотримано цілісність підходу.

Дисертаційна робота на тему "Теоретичні основи створення і структурна організація компонентів безпроводних сенсорних мереж підвищеної ефективності" є завершеним науковим дослідженням, відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. (зі змінами), а її автор – Яцків Василь Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

Провідний науковий співробітник
відділу мікропроцесорної техніки
Інституту кібернетики
ім. В.М. Глушкова НАН України,
д.т.н., проф.



Опанасенко В.М.