

ВІДГУК

офіційного опонента – завідувача кафедри біофізики, інформатики та медапаратури Вінницького національного медичного університету

ім. М.І. Пирогова, доктора технічних наук, професора

Кулика Анатолія Ярославовича

на дисертаційну роботу Тромсюка Володимира Дмитровича

«Методи та пристрої оцінювання бітових помилок

у промислових комп'ютерних системах»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

зі спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертації.

В зв'язку зі стрімким розвитком сучасних технологій усе більш значними стають автоматизовані та технічно досконалі технологічні процеси, побудовані на базі промислових комп'ютерних систем. Їх надійність, завадостійкість і продуктивність у багатьох випадках визначається обробленням сигналів в апаратурі передавання даних комп'ютера та якістю відтворення даних у зовнішніх та оперативних запам'ятовуючих пристроях.

До сучасних промислових комп'ютерних систем висуваються значні вимоги щодо завадостійкості, швидкості передавання даних, надійності та характеристик помилок. У будь-якій системі, особливо якщо вона використовується при впливі на неї інтенсивних промислових (переважно імпульсних) завад, виникають помилки різної природи. У таких системах, на виході демодуляторів можуть з'являтися вставки та випадання бітів, які приводять до зсуву інформаційних послідовностей і до утворення довгих пакетів помилок, що перевищують корегувальну здатність потужних завадостійких кодів. Тому для забезпечення високої вірогідності передавання даних необхідна оцінка таких параметрів бітових помилок, як вставки й випадання бітів. Така оцінка повинна однозначно давати відповідь на запитання, які завадостійкі коди потрібно використовувати при передаванні

інформації у промислових комп'ютерних системах з великим рівнем завад, щоб забезпечити заданий рівень завадостійкості, надійності вірогідності.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до «Основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національних академій наук України на 2014 – 2018 роки», затверджених постановою Президії НАН України 20.12.2013 № 179 (п. 1.2.9.1 «Розробка високопродуктивних пристроїв та комплексів цифрової обробки сигналів та їх застосування» Постанови кабінету міністрів України № 942 від 07.09.2011 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року» (Нові апаратні рішення для перспективних засобів обчислювальної техніки, інформаційних та комунікаційних технологій), а також програм та планів науково-дослідних робіт у Вінницькому національному технічному університеті, а саме: в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: "Розробка методів і пристроїв первинного цифрового оброблення високочастотних сигналів для систем радіоелектронної боротьби" (Держ. реєстр. 0116U004710), "Розробка інформаційних пристроїв і засобів оцінювання джиттеру на базі принципів нечіткого іммітанса та цифрового оброблення сигналів" (Держ. реєстр. 0114U003463) та "Розробка структури цифрової системи передачі сигналів документального електрозв'язку" (госпдоговір № 4512, організація-замовник – ТОВ "Подільський проектний інститут").

Результати дисертаційних досліджень були використані:

- на державному підприємстві «Науково-дослідний інститут Гелій»;
- та у Подільському проектному інституті;
- в навчальному процесі у Вінницькому національному технічному університеті для виконання лабораторних робіт та проведення лекційних занять для студентів за напрямком підготовки 6.050901-02 – Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення.

В зв'язку з вищевикладеним тема даної роботи, спрямованої на розроблення методів та пристроїв оцінювання бітових помилок у промислових комп'ютерних системах, безумовно є актуальною.

Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи.

У *вступі* визначено актуальність, сформульовано мету і розглянуто формальні ознаки роботи (новизна, практична цінність, ступінь апробації, публікації та структура роботи).

Перший розділ присвячено аналізу сучасних методів та засобів виявлення та оцінювання бітових помилок у промислових комп'ютерних системах, з яких видно, що вибраний напрямок дослідження бітових помилок на фоні одиничних адитивних помилок є дійсно маловивченим, але перспективним для отримання нових наукових результатів та їх застосування на практиці. Розглянуті методи виявлення бітових помилок можуть бути використані для виявлення деяких параметрів цих помилок, наприклад, довжини вставок або випадань бітів. Проведений аналіз дозволив виявити сукупність недоліків, що властиві традиційним підходам до побудови систем даного класу, обґрунтувати науково-прикладну проблему, визначити перспективний напрям досліджень і сформулювати задачі дисертаційної роботи.

У *другому розділі* виконано теоретичний аналіз, запропоновано позиційний і метод перестановки відносних позицій синхросимволів, удосконалено кореляційний метод виявлення позицій та оцінювання вставок і випадань бітів для забезпечення високої точності оброблення даних у промислових комп'ютерних системах. Теоретичне обґрунтування розробки методів і пристроїв виявлення позицій та оцінювання бітових помилок показало, що для забезпечення високої ефективності оброблювання даних у промислових комп'ютерних системах потрібно враховувати можливі вставки та випадання бітів у демодульованих послідовностях, щоб запобігти появі фатальної помилки.

Третій розділ висвітлює питання розробки структурних і функціональних схем окремих блоків пристроїв виявлення та оцінювання бітових помилок на базі позиційного та методу перестановки відносних позицій синхросимволів і удосконаленого кореляційного методу. Розроблений пристрій оцінювання параметрів бітових помилок на базі удосконаленого кореляційного методу. У блоці знаходження найбільш імовірної фази використовується мажоритарний принцип, який ґрунтується на базі аналізу вхідного та вихідного бітових потоків, отриманих із регістра зсуву. Розроблена також структурна схема пристрою, в основу якого покладено позиційний метод і метод перестановки відносних позицій синхросимволів. Пристрій оцінювання параметрів бітових помилок, побудований на базі цих методів, працює таким чином, що m -розрядний регістр зсуву перетворює вхідну бітову послідовність на послідовність синхроімпульсів A_i , яка перетворювачем синхросимволів в позиції $L(A)$ перетворюється на послідовність позицій L_i .

У *четвертому розділі* проведено імітаційного моделювання запропонованих пристроїв оцінювання параметрів бітових помилок, наведено результати аналізу похибки їх оцінювання запропонованими методами та побудованими на базі них пристроями за допомогою розробленої послідовності досліджень на імітаційній моделі. Імітаційне моделювання проводилося з використанням розробленої програмної моделі мовою програмування C++. Модель складається з семи основних модулів, лістинги яких наведені в додатках

Обґрунтованість висновків і одержаних результатів дисертаційної роботи базується на коректному використанні вихідних посилань і математичного апарату теорії скінченних полів; завадостійкого кодування; імітаційного моделювання; теорії ймовірностей і математичної статистики.

Вірогідність результатів дисертаційної роботи підтверджується імітаційним комп'ютерним моделюванням, яке показало коректність

теоретичних досліджень та ефективність розроблених методів і засобів, їх експериментальною перевіркою, що підтверджуються відповідними актами впровадження.

Найбільш вагомими науковими результатами, отриманими в дисертації є:

- вперше запропоновані позиційний та метод перестановки відносних позицій синхросимволів за частотою їх появи, що дозволило підвищити точність оцінювання параметрів бітових помилок на фоні одиничних адитивних помилок.;
- отримані нові аналітичні вирази для виявлення позицій та оцінювання довжин вставок/випадань бітів на фоні одиничних адитивних помилок, які дозволяють визначати найбільш імовірну величину зсуву за аргументом максимального значення частоти повторення однакових величин;
- удосконалення кореляційного методу паралельної обробки коефіцієнтів взаємної кореляції, що дало можливість підвищити точність і швидкодію оцінювання бітових помилок та забезпечити знаходження параметрів бітових помилок у режимі реального часу.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробленні алгоритмів оцінювання вставок і випадань біт у демодульованих послідовностях промислових комп'ютерних систем, які базуються на знаходженні різниці найбільш імовірних фаз сигналу в двох суміжних відрізках послідовності, що дозволило підвищити точність та завадостійкість оцінювання бітових помилок на фоні одиничних адитивних помилок, а також відокремлювати одну від одної помилки різних типів: вставки, випадання та одиничні фонові адитивні помилки. Запропоновані структурні та функціональні схеми пристрою оцінювання параметрів бітових помилок для виявлення позицій та оцінювання довжин вставок/випадань бітів на базі обчислення коефіцієнтів взаємної кореляції синхросимволів еталонної та прийнятої послідовностей.

Результати дисертаційної роботи впроваджені і пройшли апробацію у державному підприємстві «Науково-дослідний інститут Гелій» та у Подільському проектному інституті. Теоретичні та практичні положення роботи впроваджено в навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті.

Рекомендації щодо використання наукових результатів.

Теоретичні положення, отримані в роботі, можуть бути розповсюджені на комп'ютерні системи різного функціонального призначення, які працюють в умовах потужних промислових заводів.

Безперечною перевагою роботи є те, що запропонований алгоритм є інваріантним до часу як при програмній, так і при апаратній реалізації і виконується за фіксоване число кроків.

Робота ілюструється великою кількістю отриманих в результаті моделювання та експерименту даних.

Додаткового дослідження вимагає використання результатів для адаптації параметрів передавання.

Завершеність, стиль виконання, публікації.

Аналіз сукупності наукових результатів, поданих в роботі Тромсюка В.Д. дозволяє зробити висновок про їх цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо розроблення методів та пристроїв оцінювання бітових помилок у промислових комп'ютерних системах.

Всього за тематикою дисертації опубліковано 16 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових журналах, які входять до наукометричних баз, з яких 1 входить у реферативну базу даних Scopus, 2 патенти України на корисні моделі та 8 тез і матеріалів доповідей на конференціях, з яких 2 входять в іноземні видання, 1 входить у реферативну базу даних Scopus. Головні наукові результати дисертації повністю опубліковано і відображено у зазначених працях.

Матеріали досліджень обговорювались на 8 наукових, науково-

технічних, науково-практичних конференціях і семінарах.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням і висновкам, зробленим в дисертації.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Недоліки та зауваження по роботі:

1. В роботі чітко не визначено для яких саме промислових комп'ютерних систем проводились дослідження і які канали та лінії зв'язку в них використовуються, але цим визначається вплив завад на процес передавання і його потужність.
2. Відсутній критеріальний аналіз, тому твердження щодо найбільшої перспективності використання саме M-послідовностей є суто суб'єктивним.
3. Відсутнє чисельне доведення оптимальності вибору методу визначення параметра *BER*, воно має лише описовий характер.
4. Умови тестування як прямого, так і зворотного каналу повинні відповідати умовам передавання, але в роботі це обов'язкове правило висвітлене недостатньо.
5. Передавання даних на сьогоднішній день здійснюється за допомогою процесорів. Це однозначно передбачає байтовий формат і асинхронний режим обміну даними. При проведенні досліджень це не враховано.
6. В роботі відсутні чіткі рекомендації щодо використання результатів оцінювання бітових помилок, хоча декларується можливість побудови алгоритмів адаптації, зміни режимів передавання тощо. В результатах впровадження (с. 154) показаний позитивний ефект, але завдяки чому він досягається незрозуміло.
7. Основна увага приділена частотній та фазовій маніпуляції, хоча в сучасних системах і мережах вони знаходять достатньо обмежене використання.
8. В роботі декларується: «...для виявлення бітових помилок необхідно, щоб ділянки тестової послідовності містили інформацію про

розташування кожної інформаційної одиниці в цьому потоку». Але передавання даних в послідовному коді вже передбачає розташування інформаційних символів на конкретних часових позиціях. Незрозуміла сама постановка цієї вимоги.

9. Висувається гіпотеза, що завада розподіляється рівномірно (с. 44), але закон розподілу залежить від типу каналу, середовища та умов передавання. Далі (с. 47) здобувач посиляється на те, що шум має гаусівський характер.
10. На с. 51 розглядається лише елементарний двійковий сигнал без врахування виду модуляції, коли кодування може здійснюватися дібітами або квадробітами.
11. В якості прикладів вибрані код Бодо (с. 53) та код Грея (с. 91), які мають дуже специфічне використання.

Висновок.

Незважаючи на вказані зауваження загальна оцінка дисертаційної роботи позитивна. Робота Тромсюка В.Д. «Методи та пристрої оцінювання бітових помилок у промислових комп'ютерних системах» є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують наукову задачу підвищення точності виявлення та оцінювання бітових помилок і завадостійкості промислових комп'ютерних систем шляхом зниження впливу одиничних адитивних помилок. За своїм рівнем, обсягом та якістю досліджень кваліфікаційна робота задовольняє вимоги ДАК України, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Тромсюк Володимир Дмитрович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук, за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Зав. кафедри біофізики, інформатики
та медапаратури Вінницького національного
медичного університету ім. М.І. Пирогова,
д.т.н., професор



Підпис *Кулик А.Я.*
завіряю
С.П. ГРИГОР'ЄВ відділу кадрів
Вінницького національного
медичного університету
ім. М. І. Пирогова
М. Гарнова
«28» 04 2017г

Кулик А.Я.