

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 Зайцева Сергія Васильовича

«Методи та моделі забезпечення сталої достовірності інформації

в безпроводових системах передачі даних»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

зі спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертації.

Сучасний етап розвитку систем обміну даними в режимі реального часу та високі вимоги їх використання вимагають від обладнання не лише гарантії якісного передавання з високою вірогідністю, але й ефективного використання каналу. При цьому виникає проблема прийняття рішень в умовах ап-ріорної невизначеності та забезпечення сталої достовірності інформації з використанням алгоритмів адаптації. Особливо це стосується складних умов для безпроводних каналів зв'язку завдяки високому рівню промислових і штучних завад.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до плану наукових досліджень Чернігівського національного технологічного університету. Напрямки досліджень дисертаційної роботи пов'язані з реалізацією розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.05.2013 року №386-р «Про схвалення Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні».

Результати дисертаційних досліджень були використані:

- при виконанні науково-дослідної роботи наукового центру зв'язку та інформатизації ВІТІ НТУУ «КПІ» (шифр «Сопка») для визначення вимог до новітніх засобів радіозв'язку;

- в науково-дослідній роботі наукового центру зв'язку та інформатизації ВІТІ НТУУ «КПІ» (шифр «Вежа») при визначення вимог до нових автоматизованих систем радіозв'язку;
- в науково-дослідній роботі наукового центру зв'язку та інформатизації ВІТІ НТУУ «КПІ» (шифр «Простір») для визначення вимог до нових засобів радіозв'язку;
- в дослідно-конструкторській роботі «Аврора» ТОВ «Телекарт-Прилад» при створенні відомчих КХ-радіостанцій Р-1150 для військових формувань;
- в науково-дослідній та дослідно-конструкторській роботі ТОВ «РДЛ» при створенні відомчих ІР-мереж для органів влади та місцевого самоврядування.

В зв'язку з вищевикладеним тема даної роботи, спрямованої на розроблення методів та моделей забезпечення сталої достовірності інформації у безпроводних системах передавання даних, 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 присвячений присвячено аналізу існуючої проблеми забезпечення необхідної вірогідності обміну даними у безпроводних системах. Проведено аналіз напрямів розвитку та основних властивостей систем і мереж цього класу, показані принципи їх побудови з урахуванням шумів і завад у каналах зв'язку, досліджено фактори, що призводять до невизначеностей при ідентифікації отриманих сигналів, проведено аналіз існуючих методів забезпечення вірогідності передавання даних. 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* розглянуто основні положення та проведено аналіз основних методів завадостійкого кодування даних, запропоновано методику забезпечення необхідної вірогідності передавання інформації в умовах впливу навмисних завад за рахунок застосування адаптивних складних кодових конструкцій.

Запропоновані структури для обміну даними із забезпеченням необхідної вірогідності, псевдовипадкової перебудови частот-підносіїв та оцінки стану каналу зв'язку з урахуванням особливостей побудови кодеків компонентних турбо-кодів, системи гібридного автоматичного запиту повторного передавання, кодеків Уолша та Ріда-Соломона, модулів адаптації.

Третій розділ висвітлює питання розроблення методів структурної адаптації каскадних кодів та параметричної адаптації турбо-кодів.

Метод структурної адаптації призначений для підвищення вірогідності передавання даних системою при дії навмисних завад за рахунок адаптації структури зовнішнього та внутрішнього коду каскадного коду, а також каскадів кодування.

Метод параметричної адаптації турбо-кода призначений для підвищення вірогідності передавання інформації системою при дії навмисних завад зі зміною параметрів кодера та декодера турбо-кода.

У *четвертому розділі* удосконалено метод оцінки вірогідності отриманих даних та удосконалений метод оцінки дисперсії завад у безпровідних системах зв'язку.

Перший з них призначений для оцінки вірогідності передавання даних засобами безпровідних систем зв'язку при дії навмисних завад за допомогою аналізу результатів декодування турбо-кодів. Він базується на розрахунках логарифмічних відношень функцій правдоподібності та отримання щільностей розподілу ймовірностей помилок турбо-декодера.

Другий призначений для оцінки дисперсії завад у безпровідних каналах на основі використання логарифмічних відношень функцій правдоподібності

багатокомпонентних турбо-кодів. Він ґрунтується на розрахунку дисперсії завад з використанням логарифмічних відношень функцій правдоподібності, розрахованих кожним компонентним декодером багатокомпонентного турбо-коду з врахуванням процедури ітеративного декодування.

П'ятий розділ присвячений удосконаленню методу прийняття рішень під час декодування турбо-кодів, методу кодування-декодування турбо-кодів за рахунок використання матриць Адамара та методу декодування турбо-кодів Log Map за рахунок використання лінійної та гібридної апроксимації логарифма Якобіана.

Перший призначений для підвищення надійності прийняття рішень декодером за рахунок модифікації алгоритмів декодування турбо-кодів і полягає у введенні додаткової процедури повторного кодування декодованих символів і врахування перевірконої кодової послідовності при розрахунку логарифмічних відношень функцій правдоподібності в умовах впливу навмисних завад.

Другий призначений для підвищення вірогідності передавання даних за рахунок модифікації процедури кодування та декодування турбо-кодів завдяки використанню матриць Адамара. Він відрізняється введенням додаткової процедури кодування за допомогою кодів Уолша, а також модифікації декодування турбо-кодів при розрахунку логарифмічних відношень функцій правдоподібності.

Третій призначений для підвищення вірогідності передавання інформації за рахунок модифікації алгоритму декодування турбо-кодів Log Map із врахуванням параметрів навмисних завад. Він базується на застосуванні гібридної та лінійної апроксимації логарифма Якобіана в алгоритмі декодування турбо-кодів Log Map із врахуванням параметрів навмисних завад.

У шостому розділі розроблено імітаційну модель процесу функціонування безпроводної системи обміну даними. Використовуючи ортогональне представлення сигналів, процесів шуму та навмисних завад, отримані векторні моделі дискретно-неперервного каналу з сигналами OFDM, шумом і на-

вмисними завадами.

Обґрунтованість висновків і одержаних результатів дисертаційної роботи базується на коректному використанні вихідних посилань і математичного апарату теорії цифрового оброблювання сигналів; теорії кодування; теорії побудови адаптивних систем; теорії ймовірності та математичної статистики; теорії зв'язку, а також обчислювальних методів, методів оптимізації та імітаційного моделювання.

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 розроблені методи структурної адаптації каскадних кодів та параметричної адаптації турбо-кодів, які, на відміну від існуючих, дозволяють динамічно синтезувати послідовно-паралельні структури завадостійких кодів і в динаміці визначати поліноми, розмір кадру та кількість ітерацій турбо-коду, що підвищує вірогідність переданої інформації в умовах апріорної невизначеності;
- удосконалення методів оцінки достовірності інформації, оцінки дисперсії завад, прийняття рішень в процесі декодування турбо-кодів, а також кодування-декодування турбо-кодів, що дозволяє підвищити ефективність обміну даними;
- розроблення комплексу імітаційних моделей процесу функціонування безпровідної системи зв'язку з урахуванням впливу навмисних завад, що дозволяє оцінити адекватність використання запропонованих методів та моделей.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробленні нової інформаційної технології забезпечення необхідної вірогідності обміну даними в умовах впливу навмисних завад за рахунок застосування адаптивних складних кодових конструкцій. Це дозволяє підвищити ефективність передавання порівняно із відомими аналогами на 20 – 50% для різних умов при забезпеченні завданих показників вірогідності.

Результати дисертаційної роботи впроваджені і пройшли апробацію у ТОВ «Телекарт-Прилад», ТОВ «РДЛ». Також результати дисертаційної роботи використовувались у навчальному процесі ВІТІ НТУУ «КПІ» при підготовці навчально-методичних матеріалів з дисципліни «Технології забезпечення безпеки інформації в спеціальних інформаційних системах» та навчальному процесі Чернігівського національного технологічного університету при підготовці навчально-методичних матеріалів по дисципліні «Телекомунікаційні системи і технології».

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 завад.

Додаткового дослідження вимагають алгоритми адаптації параметрів передавання при використанні перспективних на сьогоднішній день вейвлет-кодів.

Завершеність, стиль виконання, публікації.

Аналіз сукупності наукових результатів, поданих в роботі Зайцева С.В. дозволяє зробити висновок про їх цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо розроблення інформаційної технології для забезпечення необхідної вірогідності обміну даними в умовах впливу навмисних завад за рахунок застосування адаптивних складних кодових конструкцій.

Всього за тематикою дисертації опубліковано: 2 монографії, 26 наукових статей у фахових українських наукових журналах, серед яких 12 одно-

сібних, 3 статті у зарубіжних фахових наукових журналах, 5 патентів на корисну модель, 4 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір та 12 публікацій у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Головні наукові результати дисертації повністю опубліковано і відображено у зазначених працях.

Матеріали досліджень обговорювались на 12 науково-технічних конференціях різного рівня.

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

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Недоліки та зауваження по роботі:

1. В роботі чітко не визначений вид системи передавання (RadioEthernet, мобільний зв'язок, Wi-Fi), хоча від цього залежать формати даних, режими обміну даними, параметри передавання тощо. Це викликає неоднозначність формулювання умов для режиму реального часу, а від цього залежать припущення і обмеження, які накладаються на моделі.
2. В роботі робиться акцент на клас навмисних завад, але яким чином їх можна відділити від природних і промислових незрозуміло. Кінцевою метою для системи передавання є максимальне зменшення впливу всіх завад, незалежно від джерела їх появи.
3. В першому розділі повністю відсутній критеріальний аналіз, який дозволив би порівняти існуючі сучасні технічні засоби і довести перспективність вибраного напрямку досліджень. В роботі порівняння здійснюється або на якісному рівні, або за окремими параметрами.
4. Коди Ріда-Соломона використовуються, в основному, для виправлення пакетних помилок, але використання мікропроцесорної техніки передбачає байтів формат обміну і достатньо високі швидкості, при якому пакетний формат помилок не прослідковується.

5. Не показані умови, при яких доцільно використовувати ті чи інші класи кодів (з виявленням або виправленням помилок), а також умови передавання (одноразове чи багатократне, передавання із повторюванням за запитом, паралельне декількома каналами) тощо. Це повинно визначатися параметрами каналу і теж враховуватись алгоритмами адаптації.
6. В роботі передбачається використання базису функцій Уолша, але функції Хаара, які відносяться до вейвлетів, є більш перспективними для використання.
7. Оцінка за формулою Бернуллі може бути використана лише для певних умов. В роботі це обґрунтовано недостатньо.
8. Автором ставиться задача “удосконалення методу оцінювання достовірності прийнятої інформації”, але відомий метод передбачає визначення помилок I та II роду і вдосконалення не вимагає.
9. В роботі замість нормативно передбачених використовуються параметри, які не розкриті однозначно: “показник ефективності”, “показник невизначеності” тощо і незрозуміло до чого вони відносяться: до каналу, до системи передавання чи до процедури ідентифікації.
10. Автор декларує енергетичний виграш. Незрозуміло за рахунок чого це відбувається, адже інформаційна технологія не передбачає адаптивного управління потужністю передавача.
11. В роботі розроблюється імітаційна модель процесу функціонування системи, але впровадження системи передбачає проведення експериментів і оброблення результатів, чому приділено уваги недостатньо.

Висновок.

Незважаючи на вказані зауваження загальна оцінка дисертаційної роботи позитивна. Робота Зайцева С.В. «Методи та моделі забезпечення сталої достовірності інформації в безпроводових системах передачі даних» є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують наукову проблему створення теоретичних засад для

побудови інформаційної технології для забезпечення необхідної вірогідності обміну даними в умовах впливу навмисних завад за рахунок застосування адаптивних складних кодових конструкцій, яка має суттєве значення. За своїм рівнем, обсягом та якістю досліджень кваліфікаційна робота задовольняє вимогам ДАК України, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Зайцев Сергій Васильович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук, за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології.

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

Кулик А.Я.

