

ОЦІНЮВАННЯ КОРИГУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано аналіз методів захисту цифрових даних з використанням надлишкових кодів в процедурі обміну інформацією та виявлення характерних недоліків таких рішень стосовно організації циклів управління систем реального часу.

Розглянуто методи формування м'яких рішень в системах зі складними видами модуляції стосовно завдань каскадних кодеків на основі кодів Ріда-Соломона (РС) при обґрунтуванні конкретних рішень для досягнення необхідних значень енергетичного виграшу коду (ЕВК).

Ключові слова: каскадний кодек, код Ріда-Соломона, м'яке декодування, згортальний код, модуляція сигналів, захист інформації.

Abstract

The analysis of digital data protection methods using redundant codes in the procedure for exchanging information and identifying the characteristic shortcomings of such decisions on the organization of control cycles of real-time systems is performed.

Methods for the formation of soft solutions in systems with complex types of modulation were applied to the problems of cascading codecs based on Reed-Solomon (RS) codes when substantiating specific solutions to achieve the required values of the code energy gain (CEG).

Keywords: cascade codec, Reed-Solomon code, soft decoding, rolling code, signal modulation, information protection.

Вступ

Завадостійке кодування є невід'ємною частиною сучасних цифрових систем управління. Необхідну якість дискретної інформації, задіяної в циклі управління, забезпечує корекція помилок, які об'єктивно виникають в каналах зв'язку. При цьому головною тенденцією багатьох важливих систем управління є скорочення часових інтервалів обміну даними [1]. У зв'язку з цим пошук оптимальних в сенсі мінімізації часових і обчислювальних ресурсів кодеків є невід'ємною вимогою перспективних керуючих комплексів.

Актуальність теми дослідження. Застосування тих чи інших методів кодування здатне в значній мірі підвищити достовірність інформації, що приймається і забезпечити енергетичний виграш коду (ЕВК) в каналі зв'язку до 10 дБ при використанні турбокодів або кодів з малою щільністю перевірок на парність [2]. Недоліком таких потужних кодів є велика надмірність, що вноситься в передане повідомлення, застосування ітеративних перетворень, що призводить до істотного збільшення циклу управління на етапі обробки даних [1, 2].

З широким розвитком мобільних засобів зв'язку важливо враховувати можливість використання адаптивних алгоритмів захисту даних, які здатні гнучко реагувати на зміни умов передачі та обробки керуючої інформації.

Для оцінювання нестабільності середовища передачі розробляються адаптивні системи кодування (АСК), здатні динамічно підстроювати рівень внесеної надмірності в залежності від поточного стану каналу зв'язку.

Існують різні підходи до реалізації АСК, найбільш простим з яких є попередня підготовка набору кодеків з динамічним перемиканням між ними. Такий метод не завжди є оптимальним, оскільки при

переході з одного коду на інший змінювати часто необхідно лише деякі параметри коду [4]. Набагато ефективнішим методом реалізації АСК є динамічна зміна лише тих параметрів коду, які відповідають за його надмірність [1]. У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на розробку гнучких адаптивних алгоритмів застосування завадостійких кодів, і їх реалізація на сучасній елементній базі, безсумнівно, є актуальними.

Для підвищення швидкості обробки даних необхідно використовувати укорочені конструкції кодів РС. У всіх системах з гарантованою доставкою повідомлень використовується механізм перевидачі некоректно отриманих повідомлень. Перевидача коротких блоків інформації дозволяє значно скоротити просідання швидкості передачі. Крім того, декодування укорочених блоків вимагає істотно менші обсяги обчислень, що зменшує енергоспоживання пристрою і робочу площу на кристалі ПЛІС.

Також знизити складність декодера і збільшити його коригувальну здатність дозволяє включення кодека РС в каскадні конструкції в якості зовнішнього каскаду кодування. Декодери РС ефективні в боротьбі з груповими помилками, більший вигреш в коригувальній здатності всієї системи дадуть згорткові коди, задіяні у внутрішньому каскаді кодування, оскільки вони призначені для усунення одиночних спотворень.

Додатково підвищити коригувальну здатність систем завадостійкого кодування (СЗК), не знижуючи при цьому швидкості передачі інформації, можна за рахунок використання м'яких методів декодування. Використання м'яких рішень в приймачі здатне забезпечити енергетичний вигреш до 3 дБ. Однак використання таких методів ускладнює процес декодування. Компромисом в даній ситуації може стати використання восьмирівневого цілочисельного квантування прийнятого сигналу. При більш жорстких вимогах до складності пристрою необхідно відмовитися від використання м'яких рішень на користь стираючих каналів.

Метою роботи є дослідження адаптивних алгоритмів м'якого декодування каскадних кодів на основі кодів Ріда - Соломона (РС) і визначення способів їх реалізації на програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС).

Основна частина

Існують різні підходи до декодування кодів РС. Вибір алгоритму залежить від конкретних вимог до СЗК та її апаратних можливостей. Оскільки СЗК буде проектуватися на логіці ПЛІС, то алгоритм декодування кодів РС повинен бути оптимальний в плані використання на його реалізацію площі кристала, енергоспоживання і швидкості роботи. Крім того, алгоритм повинен бути здатним швидко обробляти високошвидкісні потоки даних і не втрачати своєї ефективності в зашумлених каналах зв'язку [1].

Сучасні методи завадостійкого кодування складаються з трьох основних напрямків: блокові коди, безперервні або згорткові коди, полярні коди, а також їх різні комбінації [2].

Найкращі коди отримані за допомогою процедури модифікації і комбінування [3]. Застосування потужних кодів з високою коригувальною здатністю обмежена високою складністю реалізації оптимальних декодерів, що забезпечують мінімальну ймовірність помилкового декодування кодових блоків [4]. При виборі методів кодування і головним чином методів декодування, керуються багатьма чинниками.

Паралельні турбокоди не підходять для реалізації адаптивних алгоритмів кодування через складність реалізації процедури синхронізації кодеків, тому при розробці адаптивних СЗК розглядатися будуть тільки каскадні конструкції [4].

Побудова узагальнених каскадних кодів зводиться до послідовного підключення кількох простих кодеків. Для підвищення завадостійкості системи передачі інформації можна використовувати додаткову інформацію від детектора. Із застосуванням таких методів збільшується енергетичний вигреш системи, оскільки для передачі повідомлення з тією ж імовірністю правильного декодування, що і при жорсткому прийманні, потрібно менша потужність передавача. При такому декодері доведеться обробляти значення символів і їх метрики надійності, що істотно ускладнює обладнання приймача, проте підвищує завадозахищеність системи, не знижуючи інформаційної швидкості в каналі. Такі методи декодування отримали назву м'яких методів і в даний час широко використовуються на практиці. Так для згортального коду (171, 133) при ймовірності помилки на біт 10^{-6} енергетичний вигреш від використання м'яких рішень становить 2.5 дБ [3].

При використанні жорсткого декодування оптимальною є процедура, при якій вибирається кодове слово, яке відрізняється від прийнятого слова меншою кількістю символів. Таким чином, вибирається кодове слово, яке мінімізує відстань між ним і прийнятою послідовністю. Такий декодер називають декодером максимальної правдоподібності, і він легко узагальнюється на випадок м'якого рішення. Суть методу полягає у використанні необхідної відстані для м'яких рішень.

Оскільки розглянута СЗК може використовуватися мобільними абонентами, тому необхідно передбачити ряд умов при її реалізації. СЗК необхідно реагувати на додаткові дестабілізуючі чинники, такі як завмирання, змінні кліматичні умови, навмисні завади і мати можливість адекватно підлаштовуватися під змінні умови в каналі зв'язку, забезпечуючи при цьому максимальну швидкість передачі інформації при заданому рівні її достовірності. Для вирішення цієї проблеми підходять адаптивні кодеки, здатні «на льоту» змінювати свої параметри, підбираючи коригувальну здатність коду, що відповідає рівню завад в каналі передавання.

Висновки

Запропонований підхід реалізації декодера кодів РС оптимальний для побудови адаптивного кодека. Це досягається за рахунок побудови зсувного регістру з розрахунку на найбільш завадостійкий код з набору реалізованих кодеків. Завдяки цьому, складність адаптивного декодера не залежить від кількості реалізованих проміжних режимів кодування.

Діапазон робочих швидкостей АСК склав від 0,7 Мбіт/с до 44,1 Мбіт/с при співвідношеннях сигнал-шум від -3 дБ до 19 дБ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильківський М. В., Паламарчук Р. П., Вовк В. Л. «Коригування характеристик кодерів засобів мобільного зв'язку.» *Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2019)»*, Вінниця, 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/mn/mn-2019_netpub.pdf Дата звернення: Берез. 2020
2. Park, Y. S. A fully parallel nonbinary LDPC decoder with fine-grained dynamic clock gating / Y. S. Park, Y. Tao, Z. Zhang // *IEEE J. Solid-State Circuits*. – 2015. – February. – vol. 50. – no. 2. – pp. 464-475.
3. Гладких, А. А. Методы эффективного декодирования избыточных кодов и их современные приложения / А.А. Гладких, Р.В. Климов, Н.Ю. Чилихин. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – 258 с.
4. Тамразян, Г.М. Современные методы адаптивного помехоустойчивого кодирования / Г.М. Тамразян // *Автоматизация процессов управления*. – 2016. – №2(44). – С.45-49.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Полуденко Ольга Сергіївна – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Юй Чанхао – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Vasykivskyi Mikola V. – Phd, Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Poludenko Olha S. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vityavovkk5@gmail.com

Yu Changhao – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.