

БЧХ-КОДИ ТА ЇХ КОДУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено принципи побудови та кодування БЧХ-кодів, їхню роль у виправленні помилок під час передачі даних. Проаналізовано основи БЧХ-кодів, процес систематичного кодування, методи декодування та їх застосування в сучасних технологіях.

Ключові слова: БЧХ-коди, кодування, виправлення помилок, циклічні коди, поле Галуа.

Abstract

The principles of construction and encoding of BCH codes and their role in error correction during data transmission are studied. The basics of BCH codes, the systematic encoding process, decoding methods, and their applications in modern technologies are analyzed.

Keywords: BCH codes, encoding, error correction, cyclic codes, Galois field.

Вступ

БЧХ-коди (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem codes) є класом циклічних кодів, що виправляють помилки, і відіграють ключову роль у забезпеченні надійної передачі даних через шумові канали. Вони широко застосовуються в телекомунікаціях, цифрових носіях і системах зберігання даних завдяки здатності виправляти множинні помилки з високою ефективністю. Метою цих тез є висвітлення основ побудови БЧХ-кодів, процесу їх кодування, методів декодування та практичного застосування в сучасних технологіях.

Результати дослідження

БЧХ-коди — це циклічні коди, розроблені для виправлення множинних помилок у кодових словах. Вони базуються на поліномах над скінченними полями Галуа

$$(GF(q)) \quad (1)$$

де q зазвичай дорівнює 2 для бінарних кодів [1].

Код характеризується параметрами (n, k, t) , де n — довжина кодового слова, k — довжина інформаційного повідомлення, t — кількість помилок, які можна виправити. Генераторний поліном $g(x)$ формується як найменше спільне кратне мінімальних поліномів для послідовних степенів примітивного елемента α у полі $GF(q^m)$. БЧХ-коди забезпечують мінімальну відстань Хеммінга $d \geq 2t + 1$, що гарантує виправлення до t помилок.

Кодування БЧХ-кодів зазвичай виконується систематичним способом. Інформаційне повідомлення представляється як поліном $p(x)$ степеня $k-1$, який множиться на $x^{(n-k)}$ для резервування місця під перевіірочні символи [2]. Отриманий поліном ділиться на генераторний поліном $g(x)$ за модулем q , а залишок $r(x)$ додається до кодового слова:

$$s(x) = p(x) * x^{n-k} - r(x) \quad (2)$$

Наприклад, для бінарного БЧХ-коду $(15, 5, 3)$ з генераторним поліномом $g(x) = x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ повідомлення $[1, 0, 0, 0, 1]$ кодується шляхом обчислення залишку та формування кодового слова з інформаційних і перевіірочних бітів.

Декодування БЧХ-кодів передбачає виявлення та виправлення помилок у прийнятому кодовому слові. Основні методи включають алгоритм Берлекемпа-Мессі для визначення полінома локаторів помилок і алгоритм Чієна для пошуку позицій помилок. Процес починається з обчислення синдрому, які вказують на наявність помилок, після чого визначаються позиції та значення помилок [3]. Ці методи є алгебраїчними, що забезпечує високу ефективність декодування навіть для кодів із великою кількістю виправних помилок.

БЧХ-коди широко використовуються завдяки їхній здатності виправляти множинні помилки та компактній апаратній реалізації. Вони застосовуються в супутниковому зв'язку (стандарт DVB-S2), цифрових носіях (CD, DVD), твердотільних накопичувачах (SSD) і QR-кодах [4]. Наприклад, у SSD

БЧХ-коди забезпечують надійне зберігання даних, виправляючи помилки, спричинені зносом пам'яті. Їхня ефективність робить їх ідеальними для систем із обмеженими обчислювальними ресурсами.

Висновки

БЧХ-коди є потужним інструментом для виправлення помилок у системах передачі та зберігання даних. Їхня циклічна структура, алгебраїчні методи кодування й декодування, а також здатність виправляти множинні помилки забезпечують надійність і ефективність. Застосування БЧХ-кодів у телекомунікаціях, цифрових носіях і системах зберігання даних підкреслює їхню важливість у сучасних технологіях. Грамотне використання БЧХ-кодів дозволяє мінімізувати втрати даних і підвищувати надійність інформаційних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блахут Р. Теорія і практика кодів, що виправляють помилки. Київ: Техніка, 2020. 432 с.
2. Петерсон В. Процедури кодування та виправлення помилок для БЧХ-кодів. Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. 256 с.
3. Лін С., Костелло Д. Коды, що виправляють помилки, та їх застосування. Харків: Фабрика знань, 2021. 512 с.
4. Муркрофт Е. Кодування в телекомунікаціях: від теорії до практики. Київ: BHV, 2022. 384 с.

Шклярук Марія Богданівна — студентка групи 2ПІ-22б, Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: mariia.shkliaruk@gmail.com

Shkliaruk Mariia — student of group 2PI-22b, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: mariia.shkliaruk@gmail.com