

С. М. Кравчук
 Ю. В. Шиндер
 Ю. Ю. Іванов
 С. Г. Кривогубченко

АЛГОРИТМ КОДУВАННЯ LDPC-КОДІВ З ЛІНІЙНОЮ СКЛАДНІСТЮ ВІД ДОВЖИНИ КОДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі представлено та проаналізовано алгоритм кодування LDPC-кодів з лінійною складністю від довжини коду.

Ключові слова: дані, завадостійке кодування, блокові коди, LDPC-код, лінійна складність кодування,

Abstract

In this paper have been presented and analyzed an algorithm for encoding LDPC-code with linear complexity from code length.

Keywords: data, error-correcting coding, block codes, LDPC-code, linear coding complexity.

Вступ

Коди з низькою щільністю перевірок на парність (*LDPC codes – low-density-parity-check codes*) є завадостійкими кодами, які запропоновані у роботі [1]. Їх перевагою є мала щільність значущих елементів перевіркової матриці H та існування ефективного методу декодування на основі алгоритму розповсюдження довіри. Одним із основних недоліків даних кодів є квадратична залежність складності кодування від довжини коду, хоча існують підходи, що дозволяють при ретельному проектуванні знизити складність кодування до лінійної [2-4].

Метою даної роботи є аналіз алгоритму кодування LDPC-кодів з лінійною складністю від довжини коду.

Результати дослідження

Розглянемо алгоритм кодування з лінійною складністю від довжини LDPC-коду. Нехай маємо інформаційну послідовність $u = (u_1, \dots, u_k)^T$ та розріджену перевірку матрицю H розміром m (кількість перевірочних символів) на n (довжина кодового слова). Потрібно зробити H квазінижньотрикутною матрицею H_t , використовуючи перестановки стовпчиків та рядків, для того, щоб залишити матрицю розрідженою. Для цього матриця H розкладається на підматриці, причому матриця T повинна бути нижньотрикутною матрицею, а кількість рядків матриць C , D та E формує “проміжок” g , причому чим він менший, тим менша обчислювальна складність кодування (рис. 1).

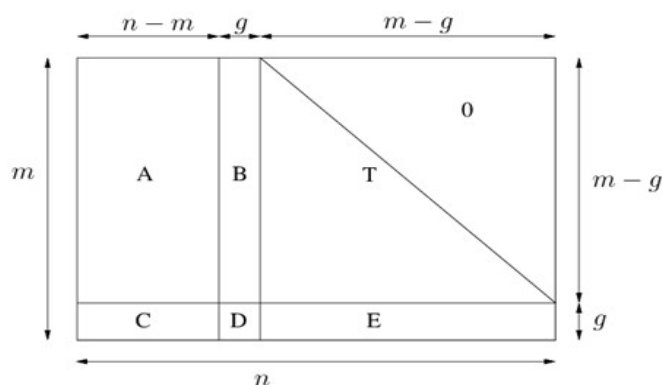


Рисунок 1 – Структура перевіркової матриці H_t

Для того, щоб отримати кодову комбінацію необхідно занулити матрицю E , тобто

$$H^* = \begin{bmatrix} I_{(m-g) \times (m-g)} & 0 \\ -E_{g \times (m-g)} T_{(m-g) \times (m-g)}^{-1} & I_{g \times g} \end{bmatrix} \cdot H_t = \begin{bmatrix} A_{(m-g) \times (n-m)} & B_{(m-g) \times g} & T_{(m-g) \times (m-g)} \\ C^*_{g \times (n-m)} & D^*_{g \times g} & 0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$C^*_{g \times (n-m)} = -E_{g \times (m-g)} \cdot T_{(m-g) \times (m-g)}^{-1} \cdot A_{(m-g) \times (n-m)} + C_{g \times (n-m)}, \quad (2)$$

$$D^*_{g \times g} = -E_{g \times (m-g)} \cdot T_{(m-g) \times (m-g)}^{-1} \cdot B_{(m-g) \times g} + D_{g \times g}. \quad (3)$$

Кодова комбінація $c = (c_1, \dots, c_n) = [u, p_1, p_2]$ представляє k інформаційних бітів, g та $(m-g)$ бітів парності відповідно. Для розрахунку перевірючих бітів можна застосувати вирази

$$p_1 = -D^*_{g \times g}^{-1} \cdot C^*_{g \times (n-m)} \cdot u, \quad (4)$$

$$p_2 = -T_{(m-g) \times (m-g)}^{-1} \cdot (A_{(m-g) \times (n-m)} \cdot u + B_{(m-g) \times g} \cdot p_1). \quad (5)$$

Для перевірки правильності отриманої кодової комбінації необхідно перевірити синдром коду

$$s = c \cdot H^{*T} = [u^T, p_1^T, p_2^T] \cdot H^{*T} = 0. \quad (6)$$

Оскільки матриця H_t отримана із матриці H за допомогою операцій перетворення над стовпцями, то будь-яка з цих матриць може використовуватися для роботи декодера, але кодові комбінації не будуть однаковими [3, 4].

Висновки

У роботі представлено алгоритм кодування LDPC-кодів з лінійною складністю від довжини коду. Наведено математичну модель кодування, яку можна реалізувати у програмному забезпеченні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gallager R.G. Low-Density Parity-Check Codes / R.G. Gallager // IRE Transaction of Information Theory. – 1962. – 90 p.
2. Richardson T.J. Design of Capacity-Approaching Irregular Low-Density Parity-Check Codes / T. J. Richardson M.A. Shokrollahi, R.L. Urbanke // IEEE Transactions on Information Theory. – 2001. – P. 619-637.
3. Johnson S.J. Iterative Error Correction: Turbo, Low-Density Parity-Check and Repeat-Accumulate Codes / S.J. Johnson. – New York: Cambridge University Press, 2009. – 356 p.
4. Qi H. Low-Complexity Encoding of LDPC Codes: An New Algorithm and its Performance [Web Resource] / H. Qi, N. Goertz. – 6 p. – Access mode: http://www.hamilton.ie/hanghang_qi/publications/encoding_07.pdf.

Кравчук Сергій Миколайович — студент групи 2СІ-166, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: serhiikravhuk@gmail.com.

Шиндер Юрій Васильович — студент групи 2СІ-166, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Іванов Юрій Юрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yura881990@i.ua.

Кривогубченко Сергій Григорович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Kravchuk Serhii M. — student, Faculty of Computer Control Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: serhiikravhuk@gmail.com.

Shinder Yuri V. — student, Faculty of Computer Control Systems and Automatics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Ivanov Yuriy Yu. — Cand. Sc. (Eng), Senior Lecturer, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yura881990@i.ua.

Krivogubchenko Sergiy G. — Cand. Sc. (Eng), Senior Lecturer, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.