

В. В. Грабовенко
І. Е. В. Джордж
Ю. Ю. Іванов

МЕТОД ДЕКОДУВАННЯ БЛОКОВИХ ТУРБОКОДІВ ЧЕЙЗА-ПІНДАЙЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі проаналізовано структуру кодера та декодера блокових турбокодів, а також представлено математичну модель методу декодування Чейза-Піндайя.

Ключові слова: завадостійке кодування, блоковий турбокод, турбокод-добуток, кодер, декодер, метод декодування Чейза-Піндайя.

Abstract

In this paper is analyzed the structure of the turbo-product-codes encoder and decoder, as well as the mathematical model of Pyndiah-Chase decoding method is presented.

Keywords: error-correcting coding, block turbo-code, turbo-product-code, encoder, decoder, Chase-Pyndiah decoding method.

Вступ

Значення інформації у сучасному світі є надзвичайно важливим, оскільки вона є основою всіх сфер діяльності людини. Тому головним завданням науковців є оброблення, передавання та отримання інформації з максимальною достовірністю. Досить часто сучасні системи передавання інформації використовують бездротові канали, у яких на сигнал діють завади різної фізичної природи, спричиняючи помилки у даних. Для усунення помилок Шеннон запропонував застосовувати завадостійке кодування. Розробка методів і засобів захисту інформації на основі завадостійкого кодування набуває особливої важливості і актуальності. Важливим напрямком роботи науковців є дослідження послідовних та паралельних каскадних конструкцій кодів (турбокодів), розробка яких відбувається за двома напрямками: згорткові (паралельне з'єднання двох або більше згорткових кодів) і блокові (послідовне з'єднання двох або більше блокових кодів) турбо-коди [1-3]. Згорткові турбокоди були представлені на міжнародній конференції зв'язку у 1993 році групою французьких вчених [4]. По аналогії зі згортковими турбокодами індійський науковець Р. Піндайя у 1994 році запропонував використовувати блокові турбокоди або турбокоди-добутки (TRC – Turbo-Product Codes) [5], які більш ефективні при відносно високих кодових швидкостях. Екстремальна задача декодування TRC залишається все такою ж важкою.

Мета роботи полягає в аналізі методу декодування Чейза-Піндайя, який застосовують для ефективного декодування блокових турбокодів-добутків.

Результати дослідження

Кодова структура двовимірного TRC вимагає використання ідентичних компонентних блокових кодів (Хеммінга, Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема, Ріда-Соломона тощо) для кодування рядків та стовпців відповідно. При реалізації операції кодування TRC вихідні дані записуються в двовірний масив по рядках, після чого дані кодуються по рядках за допомогою першого коду, а потім дані і перевірочні біти (або тільки дані) першого коду кодуються за стовпцями другого коду. Для передавання в канал зв'язку дані з масиву зчитуються по рядках. TRC допускають ітеративне декодування, коли на кожній ітерації за допомогою простих процедур декодування аналізуються дані, які належать компонентним кодам. Ітеративна процедура декодування такого коду є двоетапною – горизонтальне та вертикальне декодування. В ході турбо-декодування на вхід елементарних декодерів надходять «м'які» оцінки, результат декодування на виході елементарних декодерів – також «м'яке» рішення [3, 6].

Основою математичного апарату методів декодування ТРС складає алгебра логарифма відношення функцій правдоподібності [6].

Алгоритм Чейза-Піндайя виконується наступним чином [5, 7]:

Крок 1. Нехай $r=(r_1, \dots, r_n)$ буде кодовим словом після передавання каналом зв'язку. Необхідно вибрати t місце P_k в множині, яка містить найменш надійні символи (тобто ті місця j , для яких значення r_j є найменшими за абсолютним значенням).

Крок 2. Створити вектор можливих рішень $h_0 = (h_{01}, \dots, h_{0n})$ таких, що $h_{0j} = 1$ або $r_j > 0$ та 0 в іншому випадку. Створити вектори h_1, \dots, h_{2^t-1} такими, що $h_{ij} = h_{0j}$, якщо $j \notin \{P_k\}$ і $h_{iP_k} = h_{0P_k} \oplus Num(i, k)$ де $Num(i, k)$ — це k -й біт у двійковій системі числення від i .

Крок 3. Декодувати слова h_0, \dots, h_{2^t-1} за допомогою жорсткого декодера лінійного коду. Таким чином, можна одержати слова c_0, \dots, c_{2^t-1} .

Крок 4. Обчислити метрики конкурентних слів за допомогою формули:

$$M_i = \sum_{1 \leq j \leq n} r_j (1 - 2c_{ij}). \quad (1)$$

Крок 5. Визначити індекс pp за виразом:

$$M_{pp} = \min\{M_i\}. \quad (2)$$

Кодове слово c_{pp} є найбільш імовірним кодовим словом.

Крок 6. Для кожного біта j в множині розрахувати надійність символу за формулою:

$$F_j = 0,25 \cdot (\min\{M_i, c_{ij} \neq c_{pp,j}\} - M_{pp}). \quad (3)$$

Якщо немає конкурентних слів, для яких j -й біт не відрізняється від $c_{pp,j}$, то надійність F_j має фіксоване значення β .

Крок 7. Обчислити значення зовнішньої інформації з декодера для кожного біта j за виразом:

$$E_j = (2 \times c_{pp,j} - 1) \cdot F_j - r_j. \quad (4)$$

Крок 8. Виконати ітеративний процес декодування, який схематично зображено на рис. 1 [8].

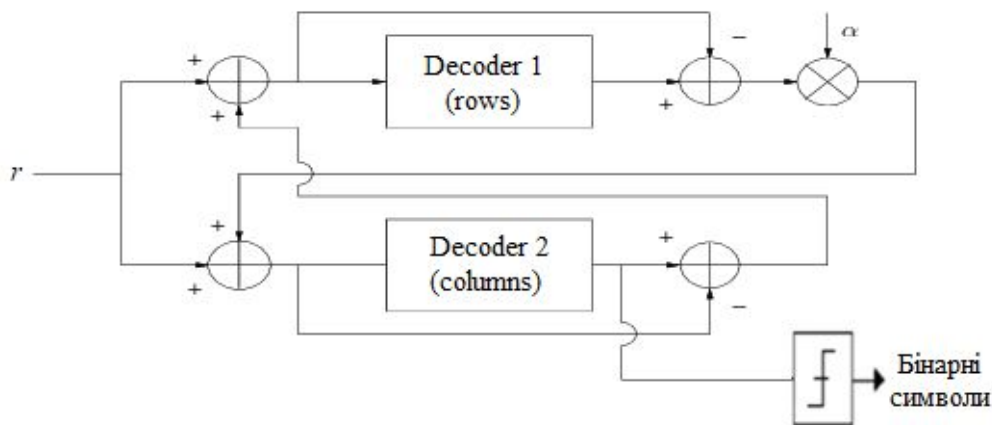


Рисунок 1 — Структурна схема ітеративного ТРС-декодера

Слід зазначити, що саме після публікації даного алгоритму ТРС почали застосовуватися в системах цифрового передавання даних різного функціонального призначення.

Висновки

У роботі проаналізовано структуру кодера та декодера ТРС, а також представлено математичну модель методу Чейза-Піндайя для оцінювання надійності кожного бінарного інформаційного символу в ітеративному процесі декодування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hanzo L. Turbo Coding, Turbo Equalisation and Space-Time Coding for Transmission over Wireless Channels / L. Hanzo, T.H. Liew, B.L. Yea. – Southampton: Department of Electronics and Computer Science of UK, 2002. – 746 p.
2. Особливості оцінювання параметрів процесу передавання даних із використанням турбо-кодів / Р.Н. Кветний, Ю.Ю. Іванов, С.Г. Кривогубченко, О.В. Стукач // Метрологія і прилади. – К: ВКФ "Фавор ЛТД", 2017. – С. 25-32.
3. Федорчак К.А. Деякі аспекти завадостійкого кодування турбо-кодів-добутків у цифрових системах передавання даних: матер. IV міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» / К.А. Федорчак, Ю.Ю. Іванов. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 31 жовтня – 2 листопада, 2017 р. – С. 232.
4. Berrou C. Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // Proceedings of the ICC'93. – Switzerland: 1993. – P. 1064-1070.
5. Pyndiah R. Near-Optimum Decoding of Product Codes: Block Turbo Codes / R. Pyndiah // IEEE Transactions on Communications. – 1998. – V. 46. – P. 1003-1010.
6. Hagenauer J. Iterative Decoding of Binary Block and Convolutional Codes / J. Hagenauer, E. Offer, L. Papke // IEEE Transactions on Information Theory. – 1996. – V. 42. – № 2. – P. 429-445.
7. Codes and Turbo Codes: edited by C. Berrou / C. Douillard, M. Jezequel, G. Battail and others. – Paris: Springer, 2010. – 424 p.
8. Ghnimat M.G. Iterative Decoding of Turbo Product Codes (TPCs) Using the Chase-Pyndiah Turbo Decoder / M.G. Ghnimat. – 2017. – 63 p.

Грабовенко Василь Володимирович — студент магістратури, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Джордж Іданго Едвард Валтер — студент групи I-156, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

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

Grabovenko Vasyl V. — student, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

George Idango Edward Walter — student, Faculty of Computer Systems and Automation, 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.