

МЕТОДИ ІТЕРАТИВНОГО ДЕКОДУВАННЯ КОДІВ З НИЗЬКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ ПЕРЕВІРОК НА ПАРНІСТЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано процес декодування даних з використанням методів ітеративного декодування LDPC-кодів. Проведено огляд основних ітеративних методів декодування LDPC-коду та вказано на можливість застосування їх у комбінованих методах декодування.

Ключові слова: дані, завадостійке кодування, LDPC-код, декодування, ітеративні методи, Sum-Product.

Abstract

The process of decoding data using the methods of iterative decoding of LDPC codes has been analyzed in this work. We make an overview of the main iterative decoding methods of the LDPC-code and point to the possibility of using them in the combined decoding methods.

Keywords: data, error-correcting coding, LDPC-code, decoding, iterative methods, Sum-Product.

Вступ

Для підвищення надійності та швидкості передавання інформації широке застосування отримали завадостійкі коди. Вони передбачають додавання певної надлишкової інформації, на основі якої можливо виконати виправлення помилок, що виникли під час передавання даних каналом з шумами. Найкращими завадостійкими кодами є коди з низькою щільністю перевірки на парність (LDPC – low-density parity-check code). Вперше LDPC-код був запропонований Р. Галлагером (R.G. Gallager) в 1963 р. у дисертаційній роботі [2], але, через відсутність технічних засобів для реалізації, не використовувався досить довго. У 90-х рр. LDPC-коди були повторно відкриті [3] та отримали широке використання. Завдяки високій ефективності виправлення помилок, LDPC-коди знайшли широке застосування в сучасних системах передавання інформації [4]. Отже, використання LDPC-кодів дозволяє ефективно боротися з помилками в каналі зв'язку, забезпечуючи надійність і вірогідність переданих даних (кращі показники коефіцієнта бітових помилок), а також енергетичний вигравш [5].

Результати дослідження

Код з малою щільністю перевірок на парність представляє собою особливий випадок лінійного блокового коду з перевіркою парності. Перевагою LDPC-коду є мала щільність значущих елементів перевіркової матриці та існування ефективного методу декодування з лінійною складністю від довжини кодового слова [6].

До класичних методів ітеративного декодування LDPC-кодів відносяться метод жорсткого декодування на основі інвертування бінарного символу (bit-flipping) та методи м'якого декодування з оцінками надійності бінарних символів [7]. Дані методи забезпечують різну вірогідність передавання інформації, що оцінюється ймовірністю помилки декодування, та відрізняються обчислювальною складністю, яка визначається необхідною кількістю ітерацій та елементарних математичних операцій, що необхідно виконати декодеру тощо.

З точки зору реалізації, жорстке декодування є простішим, однак демонструє гірші результати щодо виправлення помилок у вхідному повідомленні. У той же час, використання м'яких вхідних даних дозволяє отримати більше інформації про вхідний сигнал, за рахунок чого показує вищу ефективність декодування. Зважаючи на значний вигравш у ефективності декодування, в системах передавання інформації, які потребують надійної роботи при низьких співвідношеннях сигнал/шум, використовуються декодери з м'яким входом та м'яким виходом (soft-input soft-output) [8, 9].

Найбільш поширеними ітеративними методами на основі обміну повідомленнями між вузлами графа Таннера є алгоритм суми добутоків та алгоритм мінімальної суми [6], які розроблені на основі алгоритму розповсюдження довіри (belief propagation).

Алгоритм розповсюдження довіри для декодування LDPC-кодів запропонований винахідником LDPC-кодів Р. Галлагером. У свою чергу, інші два алгоритми є спрощеними похідними версіями алгоритму розповсюдження довіри. Вони дають можливість спростити реалізацію декодування, але, при цьому, зменшують його ефективність [6, 7, 10]. Головним недоліком алгоритму розповсюдження довіри є висока обчислювальна складність, яка обумовлена значною кількістю обчислень ймовірностей, що потребують операцій з дійсними числами. При цьому даний метод забезпечує досить низьку ймовірність помилки декодування, тому його доцільно застосовувати у додатках, які потребують високої вірогідності переданих даних.

Висновки

Таким чином, проведений аналіз показав, що класичні методи ітеративного декодування LDPC-кодів мають ряд обмежень з точки зору обчислювальної складності та ефективності декодування, тому виникає необхідність у розробці простішого комбінованого методу декодування, який дозволяє досягти необхідних показників вірогідності без значних втрат у ефективності декодування даних, але виконує меншу кількість елементарних математичних операцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gallager R.G. Low-density parity check-codes / R.G. Gallager // IRE Transaction Info.Theory, IT- 8, 21–28, January. – 1962. – 90 p.
2. Зубарев Ю. Б. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах передачи данных: расширенная версия 2 из «Электросвязи» / Ю. Б. Зубарев, Г. В. Овечкин. – Р: РГРТУ, 2008. – 16 с.
3. MacKay D.J.C. Near Shannon Limit Performance of Low Density Parity Check Codes / D.J.C. MacKay, R.M. Neal // Electronics Letters. – 1996. – 4 p.
4. On the Design of Low-Density Parity-Check Codes within 0.0045 dB of the Shannon Limit / Chung S.-Y., G. D. Forney, T. J. Richardson, R. Urbanke // IEEE Communications Letters. – 2001. – P. 58-60.
5. Иванов Ю.Ю. О некоторых аспектах итеративной стратегии декодирования турбо-кодов: ретроспектива и «турбо»-принцип: матер. IV международной научно-практической конференции «Информационные технологии и компьютерная инженерия» / Ю. Ю. Иванов, А. Я. Кулик. – Винница: ВНТУ, 28–30 мая, 2014 г. – С. 157–160.
6. 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.
7. Штомпель Н. А. Методы мягкого декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность / Н. А. Штомпель // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2013. – № 27. – С. 163–168.
8. Hagenauer J. Iterative Decoding of Binary Block and Convolutional Codes / J. Hagenauer // IEEE Transactions on Information Theory. – 1996. – P. 429–445.
9. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ.; под ред. А. В. Назаренко / Б. Скляр. – М.: Вильямс, 2003. – 1004 с.
10. Multi-Split-Row Threshold Decoding Implementations for LDPC Codes / T. Mohsenin, D. Truong, B. Baas // IEEE International Symposium on Circuits and Systems. – 2009.

Івчук Наталія Володимирівна — студентка групи ІСі-146, факультет комп'ютерних систем і автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Іванов Юрій Юрійович — канд. техн. наук, асистент кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yura881990@i.ua.

Науковий керівник: **Іванов Юрій Юрійович** — канд. техн. наук, асистент кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Ivchuk Natalia V. — student, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

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

Supervisor: **Ivanov Yurii Yu.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.