

Р. Н. Кветний; Д. С. Волошин, Ю. Ю. Іванов (Вінниця)

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ДЕКОДУВАННЯ КОДІВ З НИЗЬКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ ПЕРЕВІРОК НА ПАРНІСТЬ

Надійність передавання цифрових даних забезпечується широким спектром методів кодування та корекції помилок. Існує досить велика ймовірність того, що дані з певних причин будуть прийняті невірно або міститимуть помилки. Достовірність інформації, що передається є найважливішим показником. З моменту створення основ передавання даних розроблено велику кількість завадостійких кодів, і до теперішнього часу дослідження в цьому напрямі інтенсивно розвиваються. Одним із найбільш поширених та ефективних методів декодування є LDPC-код (Low-Density Parity-Check code – код з малою щільністю перевірок на парність). Даний код 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. Сучасні технічні можливості дозволяють застосовувати складні методи декодування, які забезпечують високий ступінь виправлення помилок, проте ряд питань вимагає дослідження. До класичних методів ітеративного декодування LDPC-кодів відносяться метод жорсткого декодування на основі інвертування бінарного символу та методи м'якого декодування з оцінками надійності бінарних символів. Зважаючи на значний вигреш 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. Найбільш поширені ітеративні м'які методи декодування LDPC-кодів на основі обміну повідомленнями між вузлами графа Таннера. Такими методами є *Sum-Product* та *Min-Sum*, які розроблені на основі алгоритму розповсюдження довіри (belief propagation algorithm). Оскільки LDPC-код є найбільш ефективним на даний момент, то його подальше дослідження є актуальним [1].

Постановка задачі. Необхідно модифікувати метод декодування *Sum-Product*, зменшивши його обчислювальну складність, без значної втрати в ефективності декодування даних.

Для розв'язання даної задачі запропоновано використати формулу для функції-магнітуди

$$f(\varphi) = -\ln\left(\operatorname{th}\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right) = \ln\left(\frac{\exp(\varphi) + 1}{\exp(\varphi) - 1}\right), \quad (1)$$

враховувавши той факт, що для великих значень аргументу φ справедлива апроксимація типу

$$f(\varphi) = \ln\left(\frac{1 + e^{-\varphi}}{1 - e^{-\varphi}}\right) = \ln(1 + e^{-\varphi}) - \ln(1 - e^{-\varphi}) \approx 2e^{-\varphi}. \quad (2)$$

Тоді у ході оновлення значень зовнішніх логарифмічних функцій правдоподібності *LLR* для перевірочних вузлів можна застосувати спрощення операції суми [+] для N бінарних символів D_k , яке можна представити у наступному вигляді

$$\begin{aligned} \sum_{\substack{[+] \\ k=1}}^N LLR(D_k) &= (-1)^{N+1} \cdot \prod_{k=1}^N \operatorname{sign}(LLR(D_k)) \cdot 2 \cdot \operatorname{arth}\left(\exp\left(\sum_{k=1}^N \ln\left(\operatorname{th}\left(\frac{|LLR(D_k)|}{2}\right)\right)\right)\right) = \\ &= (-1)^{N+1} \cdot \prod_{k=1}^N \operatorname{sign}(LLR(D_k)) \cdot 2 \cdot \operatorname{arth}\left(\exp\left(2N \cdot e^{-|LLR(D_k)|}\right)\right) \end{aligned} \quad (3)$$

Висновки. Дослідження LDPC-кодів орієнтовані на розроблення методів прискореного декодування з прийнятними втратами в імовірності декодування. У даній роботі запропоновано саме таку модифікацію методу *Sum-Product*, особливість якої полягає у апроксимації функції-магнітуди у ході оновлення зовнішньої інформації перевірочних вузлів.

Список літературних джерел

1. 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.