

НОВИЙ КУСКОВО-ЛІНІЙНИЙ АЛГОРИТМ log-MAP ДЛЯ ТУРБО-ДЕКОДУВАННЯ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Декодери для турбо-кодів ітеративні за своєю суттю, тобто вони повинні виконати певну кількість ітерацій для досягнення потрібного рівня довіри до декодованого блока даних. У роботі розглядаються алгоритми турбо-декодування. Запропоновано новий кусково-лінійний алгоритм log-MAP з апроксимацією компенсуючої функції в логарифмі Якобіана. Проведено моделювання роботи кодека методом Монте-Карло.

Ключові слова: завадостійке кодування, турбо-код, декодер, коректуюча функція, апроксимація.

Abstract

Decoder for turbo-codes are iterative in their nature, so they must to perform a number of iterations to achieve the desired level of confidence in the decoded data block. An algorithms for turbo-decoding are considered in this work. The new piecewise-linear log-MAP algorithm is proposed with the approximation of the compensation term in Jacobian logarithm. The simulation of the codec with Monte-Carlo method is performed.

Keywords: error-correcting coding, turbo-code, decoder, correction function, approximation.

Вступ

Теорія кодування інформації зародилася в роботах американського інженера К. Шеннона в 1948 р. Він запропонував використовувати компресію даних з джерела, шифрувати дані, а потім застосовувати завадостійке кодування (ЗК). Вдосконалення засобів захисту інформації на основі ЗК особливо важливе і актуально. Створення ЗК тісно пов'язане з алгоритмами декодування. Майже всі коди можна декодувати тільки перебірними методами, при чому варіантів рішення більше числа атомів у Всесвіті. Тому необхідно досліджувати методи непереборного декодування, забезпечуючи якість декодування, враховуючи умови реальних систем зв'язку. Турбо-подібні конструкції (ТК) з імовірнісними алгоритмами декодування помітно досягнення в теорії ЗК, яке дозволяє здійснити високоефективну передачу даних практично в будь-якій системі зв'язку: телебачення, мобільні і космічні комунікації тощо. Наприклад, дослідження NASA JPL (*Mars Reconnaissance Orbiter+Mars Science Laboratory*) дозволили отримати 24 Гб інформації, включаючи високоякісні фотографії і відеофайли поверхні Червоної планети за допомогою марсохода Curiosity та турбо-кода ($R_{TK} = 1/6$, $k = 8920$ біт), запропонованого К. Берру і співавторами в революційній роботі 1993 року.

Результати дослідження

Для декодування ТК можна використовувати декілька методів. Найбільшого практичного поширення набули алгоритми декодування SOVA (алгоритм Вітербі з "м'яким" виходом), MAP (алгоритм декодування по максимуму апостеріорної ймовірності). Для зниження обчислювальної складності процедури декодування ТК існує модифікація алгоритма MAP, яка працює в логарифмічній області (log-MAP). Основою логарифмічного MAP є логарифм Якобіана, який задає деяку коректуючу функцію f . Існують модифікації log-MAP алгоритму з апроксимаціями даної функції: max-log-MAP, таблиця Робертсона (Robertson lookup table), константний (constant) log-MAP, лінійний (linear) log-MAP, лінійний алгоритм log-MAP на основі ряду Маклорена (linear Maclauren), квадратичний (quadratic) log-MAP, дробовий (fractional) log-MAP, багатокровий (multistep) log-MAP, гібридний (hybrid) log-MAP. Запропоновано використання ефективної модифікації алгоритму log-MAP (piecewise-linear, PL) на основі апроксимації f кусковими лінійними функціями на відрізках:

[0; 1), [1; 1,5), [1,5; 2), [2; 3), [3; 4), (4, ∞).

Моделювання показало, що апроксимована коректуюча функція в алгоритмі *piecewise-linear log-MAP* (кореляція з *f log-MAP* $r = 0,9995$) більш точна, ніж інші методи. Оцінка симуляції роботи ТК методом Монте-Карло (параметри: два RSC коди з генератором $g = (7, 5)_8$, $R_{TK}=1/3$, випадковий перемішувач розміром $L = 400$ бітів, 6 ітерацій декодування) показала статистичний показник $RMSE = 0,0047$, а коефіцієнт кореляції склав $r = 0,9865$.

Висновки

Таким чином, після того, як була закладена математична основа, завдяки виключно високій ефективності, ТК знаходять своє місце в багатьох системах зв'язку. У даній роботі запропоновано новий кусково-лінійний алгоритм декодування турбо-кодів (PL-log-MAP) та проведено експерименти, які підтверджують його точність та простоту роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication / C.E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – USA: vol 27, 1948. – pp. 379–423, 623–656.
2. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // Proc. In ICC'93. – Geneva, Switzerland: 1993. – pp. 1064-1070.
3. Стукач О.В. Модификации для снижения вычислительной сложности алгоритма декодирования ВСJR MAP в турбо-кодовых конструкциях / О.В. Стукач, А.Н. Романюк, А.Я. Кулик, Ю.Ю. Иванов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. – Красноармійськ: ДонНТУ, 2015. – № 1(20). – С. 107-112.
4. Ivanov Yu.Yu. A Novel Suboptimal Piecewise-Linear-log-MAP Algorithm for Turbo Decoding / Yu.Yu. Ivanov, A.N. Romanyuk, A.Ia. Kulyk, O.V. Stukach // Proceedings on XI IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2015). – Omsk: Omsk State Technical University, Russia, 21-23 May, 2015. – 8 p.

Іванов Юрій Юрійович — аспірант, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yura881990@yandex.ru;

Кривогубченко Сергій Григорович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Кулик Анатолій Ярославович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біофізики, інформатики та медичної апаратури Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова, м. Вінниця.

Ivanov Yurii Yu. — postgraduate student, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yura881990@yandex.ru;

Krivogubchenko Sergei G. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Automation and Information-Measuring Devices department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Kulik Anatolii Ia.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the department of Biophysics, Informatics and Medical Equipment of National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia.