

де y – результат дефазифікації; \tilde{y} – вихідна лінгвістична змінна; m – функція належності вихідного параметра.

У результаті використання методу оцінки достатності інформації для побудови профайлу вимог до ПЗ одержуємо множину вихідних змінних, що відображають числовий коефіцієнт оцінки достатності інформації на інтервалі $[0, 1]$.

Висновки

Отже, на основі запропонованих критеріїв оцінки якості інформації розроблено інтелектуальний метод оцінки достатності інформації для побудови профайлу вимог до програмного забезпечення.

Розроблений інтелектуальний метод дозволяє врахувати наявність різних видів вимог до програмного забезпечення, представлених у нечіткому вигляді.

Література

1. Констайн Л. Разработка программного обеспечения / Л. Констайн, Л. Локвуд. – СПб. : Питер, 2004.
2. ISO/IEC TR 1443-4: 2002. Information Technology – Software Measurement – Functional Size Measurement – Part 4. Reference Model.
3. Артемов М. А., Караичев С. А. Разработка и стандартизация программных средств и информационных технологий. Разработка и оформление программной документации : [учебное методическое пособие для вузов] / М. А. Артемов, С. А. Караичев. – Воронеж : Изд. Полиграфический центр ВГУ, 2007. – 42 с.
4. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения / Соммервилл И. – М. : Вильямс, 2002.
5. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения / Ройс У. – М. : Лори, 2002.
6. Майерс Г. Надежность программного обеспечения : [пер. с англ.] / Майерс Г. – М. : Мир, 1980. – 360 с.

Надійшла 6.8.2011 р.

УДК 519.876.5

С.М. ЦИРУЛЬНИК, С.І. ПЕРЕВОЗНИКОВ, В.І. РОПТАНОВ

Вінницький технічний коледж, Вінницький національний технічний університет

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТУРБО-КОДІВ

Можливість створення цифрових систем з передавання захищеної інформації визначається енергетичною ефективністю методів формування та приймання сигналів. У статті розглядаються питання імітаційного моделювання системи передавання інформації з використанням турбо-кодів для забезпечення високої достовірності прийняття повідомлень.

Possibility of creation of the digital systems with the protected information transfer is determined by power efficiency of methods of forming and acceptance of signals. In the article the questions of imitation design of the system of protected information transfer are examined with the use of turbo codes for providing of high authenticity of acceptance of reports.

Ключові слова: турбо-код, згортні коди, завадостійке кодування, імітаційне моделювання.

Вступ

Будь-яка система зв'язку піддається впливу шумів та особливостей ліній і каналів зв'язку, внаслідок чого і виникають спотворення сигналу, які можуть призвести до його неправильного прийому. При цьому виникають помилки, для боротьби з якими в сигнал вводиться спеціальним чином розрахована надлишковість, що дозволяє приймаючій стороні виявити, а в деяких випадках і виправити певну кількість помилок.

Існує велика кількість методів завадостійкого кодування, які відрізняються надлишковістю і здатністю до виявлення і виправлення помилок. Для систем передавання захищеної інформації ця здатність є дуже важливою, оскільки вона дозволяє забезпечити достовірність отриманої інформації.

Під захищеною інформацією розуміється будь-яка інформація, котра була певним чином змінена перед передаванням по каналах зв'язку і яка має бути доступна лише певному колу осіб.

Постановка задачі

З моменту створення Шенноном основ передавання інформації, що представлена у цифровому вигляді, розроблено велику кількість завадозахисних кодів, й і до теперішнього часу дослідження в цьому напрямі інтенсивно розвиваються. Рішення проблеми забезпечення достовірності передачі захищеної інформації на великі відстані досить актуально у системах зв'язку військового призначення для збільшення дальності прийому, прихованості системи, а також для забезпечення зв'язку в телекомунікаційних системах

з низьким енергетичним потенціалом.

Аналіз досліджень та публікацій

Найбільш помітним досягненням в теорії завадостійкого кодування останнім часом є винахід турбо-кодів (ТК) [1, 2]. Ці коди використовуються як в сучасних стандартах радіозв'язку з космічними об'єктами, так і в стандартах систем мобільного зв'язку третього покоління для передачі мультимедійної інформації.

У роботах по ТК [1-4] було продемонстровано, що з їх допомогою можна практично впритул наблизитися до так званої межі Шеннона: по енергетичній ефективності (ЕЕ) вони поступаються теоретичному граничному значенню лише на 0,5 дБ. Суть одного з головних положень теорії Шеннона полягає в тому, що шум в каналі зв'язку обмежує лише швидкість передачі інформації, але не достовірність її прийому. Останню найчастіше вимірюють ймовірністю помилкового прийому біта інформації – частотою помилкових біт (Bit Error Rate – BER). У роботах [1-4] був знайдений код, що забезпечує BER близько 10^{-5} при величині E_b/N_0 . Вказана величина ймовірності помилки виступає як вимога до реальних цифрових систем зв'язку, наприклад, супутниковим системам.

Шеннон вказав, що досягти граничного значення по ЕЕ при будь-якій заздалегідь заданій достовірності можна, використовуючи так званий випадковий код при чималій величині довжини блоку інформації, що передається. У зв'язку з цим, для ТК відразу був запропонований ефективний ітеративний алгоритм декодування, порівняний за складністю з широко використовуваним на практиці декодером Вітербі для згортних кодів.

Відмічені вище властивості ТК відразу звернули увагу фахівців з цифрових систем передачі інформації. Після публікації оригінальних робіт [1-4] з'явилося величезне число статей, і в даний час ТК розглядаються для практичного використання в багатьох цифрових системах передачі інформації.

Мета статті

На основі моделі системи передавання інформації провести імітаційне моделювання з застосуванням турбо-кодів та дослідити достовірність прийому переданої захищеної інформації.

Основна частина

Турбо-код – паралельний каскадний блоковий систематичний код, здатний виправляти помилки, що виникають при передачі цифрової інформації по каналу зв'язку з шумами, з довжиною кодового слова N та числом станів S кодової ґратниці [5].

Турбо-код складається з каскаду паралельно з'єднаних систематичних кодів. Ці складові називаються компонентними кодами. Як компонентні коди можуть використовуватися згортні коди, коди Хеммінга, Ріда – Соломона, Боуза – Чоудхурі – Хоквінгема та інші. Залежно від вибору компонентного коду турбо-коди діляться на згортні турбо-коди (Turbo Convolutional Codes, TCC) і блокові (Turbo Product Codes, TPC).

Особливістю турбо-кодів є паралельна структура, що складається з рекурсивних систематичних згортних (RSC) кодів, що працюють паралельно і використовуються для створення випадковості повідомлення. Паралельна структура використовує два або більше кодів RSC, кожен з різним перемішувачем. Мета перемішувача полягає в тому, щоб запропонувати кожному кодеру некорельовану або випадкову версію інформації, внаслідок чого паритетні біти кожного RSC стають незалежними.

У турбо-кодах блоки мають довжину близько декількох Кбіт. Мета такої довжини полягає в тому, щоб ефективно мінімізувати послідовність, що йде на другий кодуєчий пристрій. Чим довше розмір блоку, тим краще його кореляція з повідомленням першого кодера.

Існує декілька схем турбо-кодів: PCCC – схема з паралельним з'єднанням згортних кодів; SCCC – схема з послідовним з'єднанням згортних кодів, коди SCCC мають кращі характеристики при великих відношеннях сигнал/шум.

Загальна схема SCCC турбо-кодера зображена на рис. 1 [5, 6].

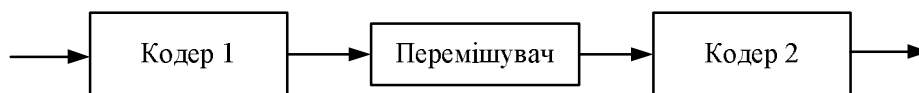


Рис. 1. Схема SCCC турбо-кодера

Для моделювання SCCC турбо-кодера в середовищі MATLAB було використано згортний кодер (Convolutional Encoder), перемішувач (Random Interleaver). Імітаційна модель SCCC турбо-кодера у середовищі MATLAB зображено на рис. 2

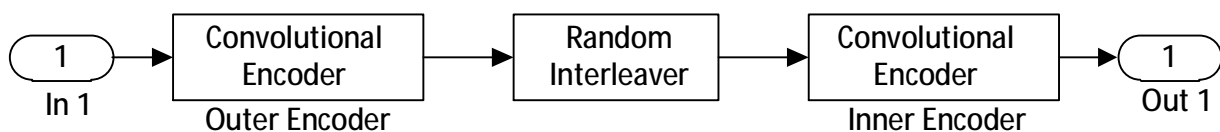


Рис. 2. Імітаційна модель SCCC турбо-кодера у середовищі MATLAB

Параметри для згортного кодера отримуються як результат виконання стандартної функції poly2trellis [7]. Функція poly2trellis приймає на вході поліноміальний опис згортного коду і повертає структуру, яка містить відповідну таблицю переходів.

Структурна схему згортного кодера 1 (рис. 1) зі швидкістю 1/2 та зворотними зв'язками наведено на рис. 3а, а згортного кодера 2 зі швидкістю 2/3 без зворотних зв'язків наведено на рис. 3б.

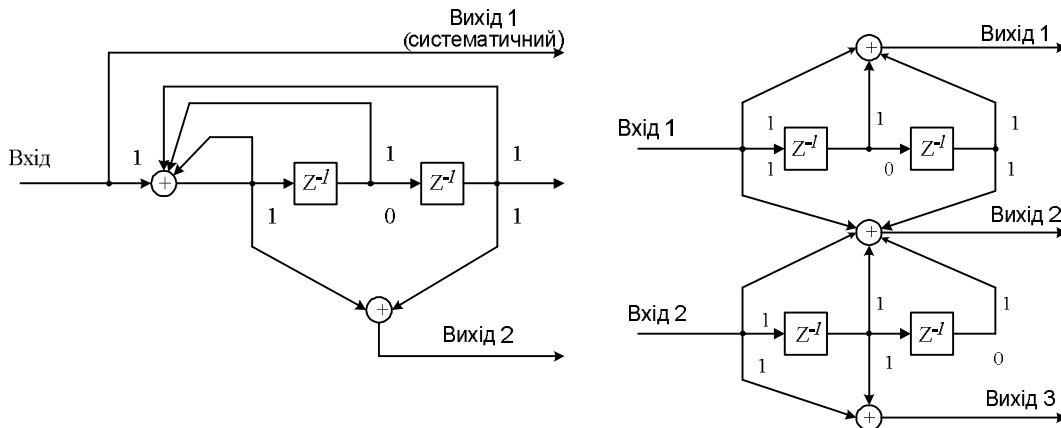


Рис. 3. Структурна схема згортного кодера: а) зі швидкістю 1/2 та зворотними зв'язками; б) зі швидкістю 2/3 без зворотних зв'язків

Загальний вигляд імітаційної моделі декодера зображено на рисунку 4 [6]. Параметри декодера згортного коду отримуються як результат виконання стандартної функції poly2trellis, так само, як і для згортного кодера.

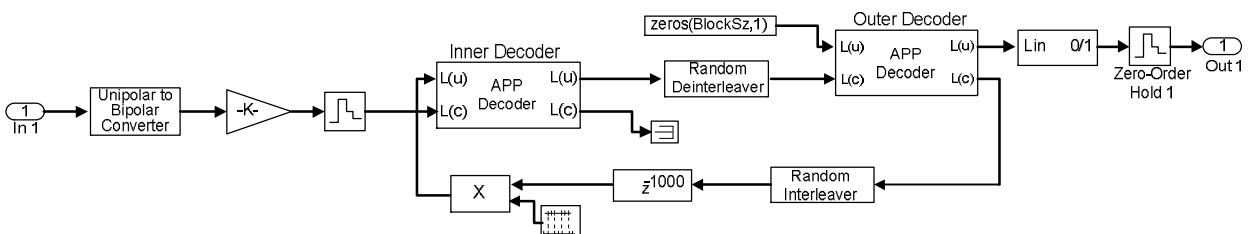


Рис. 4. Імітаційна модель декодера турбо-кодів у середовищі MATLAB

На базі імітаційних моделей SCCC турбо-кодера (рис. 2) та декодера (рис. 4) можна провести моделювання системи передавання захищеної інформації (рис. 5). Для модуляції та демодуляції сигналів з турбо-кодами використовується двійкова фазова модуляція (Binary Phase Shift Keying – BPSK) [8]. У середовищі MATLAB є стандартні об'єкти BPSK-модулятор та BPSK-демодулятор, які були використані в імітаційній моделі системи передачі інформації.

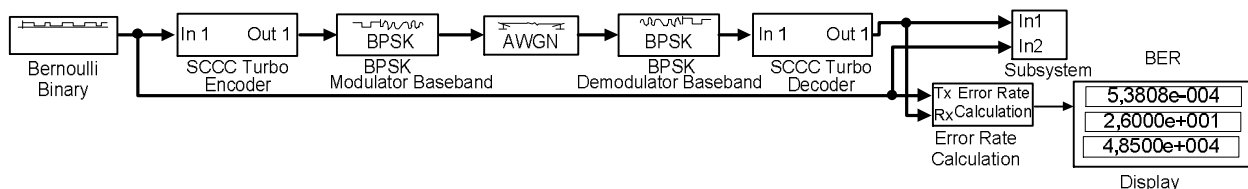


Рис. 5. Імітаційна модель системи передавання захищеної інформації з використанням турбо-кодів у середовищі MATLAB

Слід зазначити дві особливості в поведінці кривих ймовірності помилкового декодування при використанні ТК, що отримані під час імітаційного моделювання у середовищі MatLab. По-перше, аналізуючи рис. 6, можна звернути увагу на ефект досить низької швидкості спаду ймовірності помилкового прийому із зростанням величини E_b/N_0 . Внаслідок низької швидкості спаду ймовірності помилки досягти дуже малої її величини, наприклад $BER=10^{-11}$, вдається при надзвичайно великій величині E_b/N_0 навіть при значній довжині перемішувача $k=65536$ і, відповідно, при значному об'ємі пам'яті. Для такої низької ймовірності помилки ТК виявляються неефективні в порівнянні, наприклад, з каскадною схемою кодування. Висока ефективність ТК при малій величині E_b/N_0 і зниження ефективності при її збільшенні пояснюються принципом, згідно якому основним критерієм при виборі параметрів кодера є мінімізація числа кодових слів з малою взаємною відстанню, в протилежність принципу максимуму мінімальної відстані між кодовими словами. Тому при

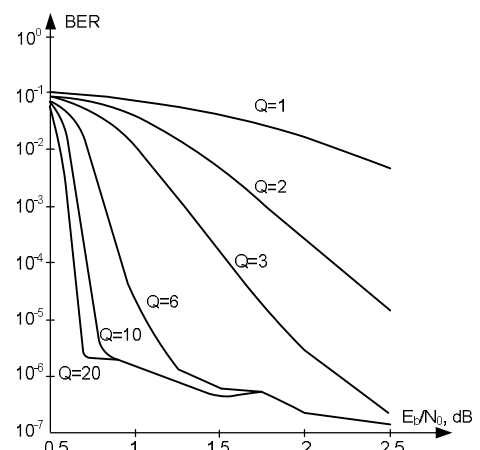


Рис. 6. Результати моделювання BER від E_b/N_0 для різної кількості ітерацій Q турбо-декодування

малій величині E_b/N_0 ТК виявляється дуже ефективним, проте із зростанням E_b/N_0 , коли головний вклад у ймовірність помилки починають вносити кодові блоки з малими відстанями від сусідніх кодових блоків, приріст ефективності сповільнюється. Другий ефект, на який слід звернути увагу, аналізуючи криві на рис. 6, – зменшення ефективності ітераційного декодування із збільшенням числа ітерацій Q із зростанням величини E_b/N_0 . Чим більше ця величина, тим менше потрібно ітерацій при декодуванні.

Висновки

ТК завдяки високій енергетичній ефективності застосовуються у системах зв'язку для збільшення дальності прийому. Поєднання ТК з різними недвійковими методами модуляції [8] дозволяє отримати підвищення пропускну здібності системи зв'язку.

Згорні коди пропонується використовувати як компонентні коди в системах передавання захищеної інформації для турбо-кодера. Це дозволить забезпечити високу достовірність і швидкість передавання захищеної інформації по каналам зв'язку з шумами.

Література

1. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P., "Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes", Proceedings of ICC'93, Geneva, Switzerland, pp. 1064-1070, May, 1993.
2. Berrou C., Glavieux A., "Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes", IEEE Trans. On Comm., Vol. 44, No. 10, October 1996.
3. Варгаузин В. Турбо-коды и интерактивное декодирование: принципы, свойства, применение / В. Варгаузин, Л. Протопопов // Телемультимедиа. – 2000. – № 4. – С. 33–38
4. Варгаузин В. Вблизи границы Шеннона / В. Варгаузин. Телемультимедиа. – 2005. – № 6. – С. 3–10.
5. Васильев В. И. Турбокод – основные характеристики, особенности применения и моделирования / В. И. Васильев, Хоанг Тху Ха // Вестник ВГУ. Серия: физика, математика. – 2004. – № 2. – С. 8–15.
6. Архипкин А. Турбокоды – мощные алгоритмы для современных систем связи / А. Архипкин // Беспроводные технологии. – 2006. – № 1. – С. 63–64.
7. Описание функции POLY2TRELLIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://matlab.exponenta.ru/communication/book2/11/poly2trellis.php>. – Назва з екрану.
8. Золотарев В. В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы : [справочник] / В. В. Золотарев, Г. В. Овечкин. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2004. – 126 с.

Надійшла 7.8.2011 р.

УДК 621.39

О.С. САВЕНКО, А.Ф. КРИЩУК
Хмельницький національний університет

CAN-АРХІТЕКТУРА В ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖАХ

У статті розглядаються особливості CAN-архітектури. Здійснено вибірку найбільш поширених протоколів промислових мереж та їх порівняння.

CAN-architecture features considered in the article. Comparison of industrial networking protocols.

Ключові слова: промислова мережа, CANopen, автоматична система управління технологічними процесами.

Вступ

Процес автоматизації промислових виробництв розвивається все більш прискорюваними темпами: збільшується кількість «інтелектуальних» кінцевих пристроїв, зростає кількість задіяних у процеси контролю і управління технологічним процесом обчислювальних систем на базі мікроконтролерів. Роль даних які передаються на всіх рівнях автоматизованих систем управління значно зростає. Посилюються вимоги споживачів щодо швидкості передачі та надійності отримання даних. У таких умовах питання забезпечення комунікацій, які задовольняють потреби промисловості, має високий пріоритет.

Протягом багатьох років системи обміну даними будувалися за традиційною централізованою схемою, в якій був один потужний обчислювальний пристрій і велика кількість кабелів, за допомогою яких здійснювалося підключення кінцевих пристроїв (датчиків і виконавчих механізмів). Така структура диктувалася високою ціною електронно-обчислювальної техніки і відносно низьким рівнем автоматизації виробництва. На даний час у цього підходу практично не залишилося прихильників. Такі недоліки централізованих автоматичних систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), як великі витрати на кабельну мережу і допоміжне устаткування, складний монтаж, низька надійність і складна реконфігурація, зробили їх у багатьох випадках абсолютно неприйнятними як економічно, так і технологічно [1].

На сьогоднішній день на ринку представлено близько сотні різних типів цифрових промислових мереж (ЦПМ), що застосовуються в системах автоматизації. Технічні та вартісні відмінності цих систем