

МЕТОД ПЕРЕБОРНОГО ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗГОРТКОВИХ КОДІВ

Розв'язуючи проблему підвищення ефективності систем передачі інформації, значну увагу приділяють вибору коректуючих кодів, які в свою чергу підвищують надійність систем зв'язку. Тому вирішення даної проблеми можливо при використанні коректуючих згорткових кодів. Однією з важливих характеристик згорткових кодів (ЗК) є вільна віддаль. Для знаходження оптимальних ЗК використовується критерій максимум вільної віддалі.

Відомі методи оптимізації функції за заданим критерієм можна використати тільки при відомому аналітичному виразі функції від аргументу. В розглянутому випадку для ЗК такі вирази не відомі [1-4]. Для цього єдиним придатним в даному випадку є метод повного перебору, який часто використовується для пошуку кодів [1]. У роботах [1, 4] для знаходження вільної віддалі запропонований метод породжуючих функцій. Однак складність реалізації даного методу експоненціально зростає при пошуку довгих кодів. Тому мета даної роботи є розроблення методу для переборного пошуку оптимальних згорткових кодів для радіосистем безпроводного доступу за критерієм максимуму вільної віддалі, який усуває вище зазначений недолік.

1. Метод знаходження вільної віддалі ЗК. В основі даного методу лежить знаходження вільної віддалі згорткового коду, що характеризує коректуючу здатність коду та визначає нижню межу завадостійкості кодів при використанні алгоритму Вітербі. Вільна віддаль d_f – це мінімальна віддаль між двома довільними випадковими напівнескінченними послідовностями на виході кодера, що відрізняються в першій вітці [2].

Пропонується метод, який базується на моделюванні кодера та отримав назву “емуляційний метод”. Емуляція – це імітація функціонування всього або частини об'єкта оригінала засобами іншої системи без втрати функціональних можливостей чи спотворення одержаних результатів. В описаному методі використовується *програмний емулятор кодера*.

Цей метод передбачає моделювання кодера з параметрами R , v , в якому проводиться перебір породжуючих поліномів та розрахунок для кожного породжуючого поліному коду вільну віддаль. Для цього на вхід кодера подається *тест-пакет* з параметрами:

- довжина тест-пакета N_t – показує кількість символів даного тест-пакета;
- кількість нульових символів на вході й виході тест-пакета N_z , що потрібні для оновлення регістру кодера та дорівнюють довжині кодууючого регістру;
- кількість інформаційних символів тест-пакета N_{inf} , що представляє псевдовипадкову послідовність (ПВП).

2. Алгоритм переборного пошуку ЗК за критерієм максимуму вільної віддалі. Розглянемо алгоритм пошуку оптимальних згорткових кодів. Структурна схема алгоритму представлена на рис. 1. Вихідними даними алгоритму пошуку є довжина кодового обмеження та відносна швидкість коду. Перед початком роботи значення максимально допустимої вільної віддалі коду d_{free} вважають такою, що дорівнює нулю. В процесі перебору породжуючих поліномів коду значення d_{free} перевизначається та після закінчення роботи алгоритму дорівнює максимальному значенню при заданих параметрах коду (v та R).

Алгоритм включає в себе такі блоки:

В блоці 1 проводиться моделювання (емуляція) кодера та уведення параметрів згорткового коду: відносна швидкість коду R та довжина кодового обмеження v .

В блоці 2 вводиться значення вільної віддалі, що дорівнює нулю.

В блоці 3 проводиться генерація коефіцієнтів породжуючих поліномів кодера за допомогою генераторів чисел з алфавіту алгебраїчних груп $G(2)$, $G(8)$ або $G(m)$, де m показує основу коду, а також відкидаються катастрофічні коди та коди зі дзеркальними породжуючими поліномами і коди, в яких відсутні відводи від першого й останнього елемента пам'яті кодера.

В блоці 4 формується тест-пакет для заданого коду.

В блоці 5 проводиться визначення вільної віддалі кодів, які залишилися з метою вибору найкращого коду. Якщо знайдений код має більше значення вільної віддалі, то даний код буде кращим серед розглянутих (**блок 6**). Породжуючий поліном цього коду зберігається як тимчасово оптимальний в **блоці 7** і в подальшому використовується для порівняння з вільною віддаллю наступних кодів.

Після повного перебору породжуючих поліномів (блок 8) та вибору коду, який забезпечує максимальну вільну віддаль (блок 9), проводиться виведення на екран параметрів знайденого оптимального коду, в якому вільна віддаль є максимальною.

Програма реалізації даного алгоритму переборного пошуку розроблена мовою C++ з використанням пакета візуального об'єктного програмування HP VEE.

Цей метод відрізняється простою реалізацією від відомих [1, 3].

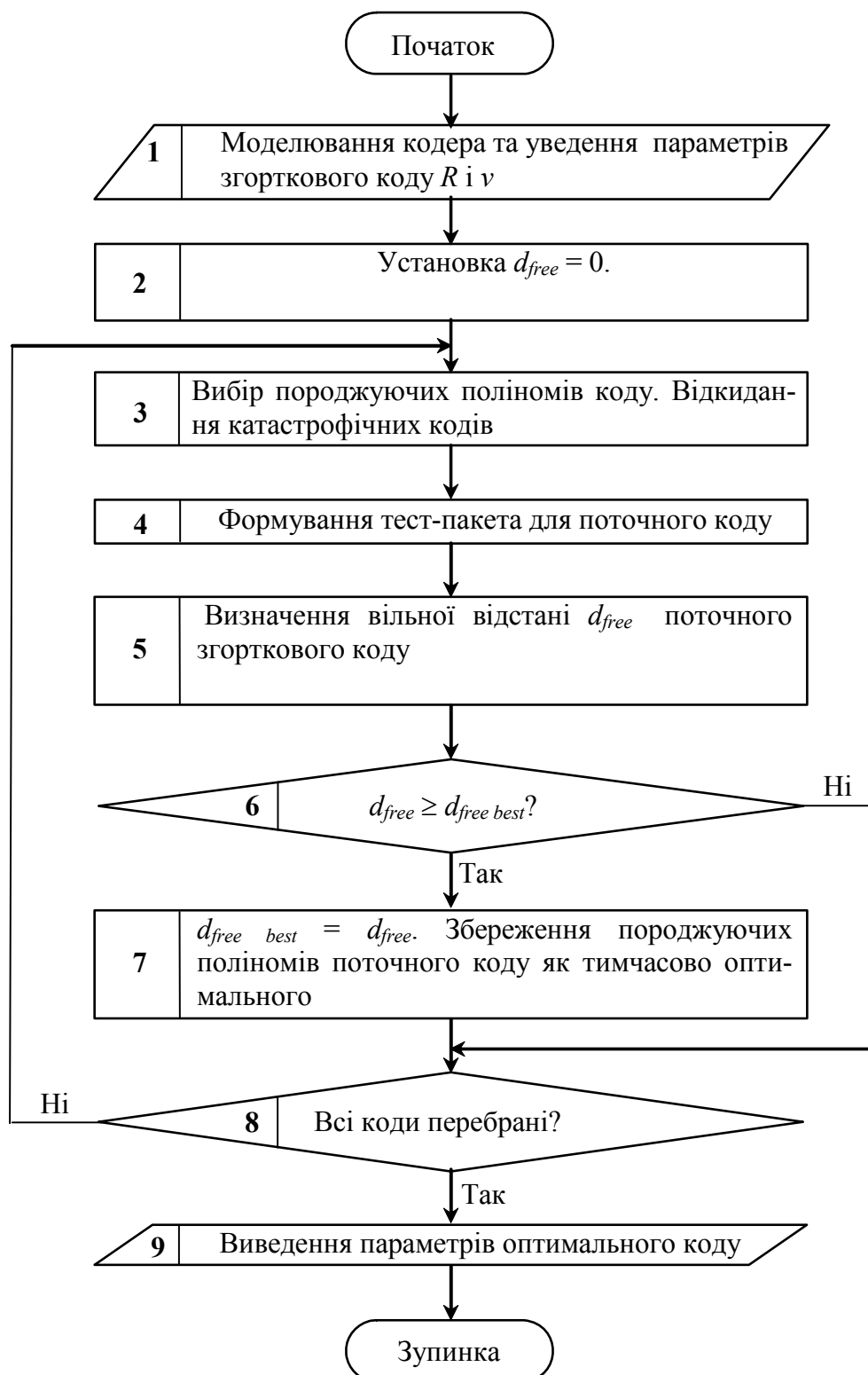


Рисунок 1 – Структура алгоритму для пошуку оптимальних ЗК

3. Результати тестування методу й алгоритму знаходження оптимальних ЗК. Для перевірки коректності розробленого алгоритму і програми, на його основі проведено тестування на прикладі пошуку оптимальних двійкових ЗК, оптимальних за критерієм максимуму вільної віддалі в метриці Хеммінга, оскільки в літературі опубліковані таблиці оптимальних кодів. Передбачалося, що результати тестування слід вважати вірними та відповідно розроблений метод коректним і працездатним, якщо результати пошуку двійкових кодів співпадуть з табличними даними двійкових кодів, опублікованих в літературі [1-4].

Результати такого порівняння наведені в табл. 1. Породжуючі поліноми наведені в загальноприйнятій восьмирічній формі, причому знаком + відмічені коди, прозорі до інверсії символів у каналі [2].

Таблиця 1 – Результати пошуку оптимальних двійкових ЗК з параметрами: $R=1/2$, $v = 2 \div 5$

№	v	d_{free}	Знайдені породжуючі поліноми в результаті пошуку $g1, g2$	Породжуючі поліноми відомих ЗК $g1, g2$	Прозорість коду
1	2	5	5,7	5,7	–
2	3	6	15,17	15,17	–
3	3	6	13,15	13,15	+
4	3	6	13,7*		+
5	3	6	17,13*		–
6	4	7	23, 35	23, 35	–
7	4	7	31, 33	31, 33	–
8	4	7	25, 37	25, 37	+
9	4	7	25, 33*		–
10	4	7	23, 33*		–
11	4	7	35, 31*		–
12	5	8	53, 75	53, 75	–
13	5	8	61, 73	61, 73	+
14	5	8	43, 75	43, 75	+
15	5	8	45, 73	45, 73	+
16	5	8	71, 73	71, 73	–
17	5	8	51, 67*		+
18	5	8	45, 77*		–

Знаком * відмічені коди, відомості про яких відсутні в таблицях [2-5].

Аналізуючи табл. 1 можна стверджувати, що використаний метод є працездатним, тому що результати пошуку оптимальних ЗК збігаються з відомими. Під час пошуку було знайдено ряд нових кодів (позначені знаком *), вільна віддаль яких збігається з оптимальними кодами. Це доводить ефективність даного методу і підкреслює недоліки попередніх методів.

До висновків слід віднести наступне:

- розроблений метод є простим для реалізації, тому що базується на емуляції кодера та обчислювача максимального з мінімальних значень;
- метод є універсальний, оскільки він розроблений для розв’язання задач переборного пошуку двійкових та недвійкових кодів;
- метод придатний для пошуку спектрів ваг згорткових кодів.

Література

1. Банкет В.Л. Сверточные коды в системах передачи информации: Учебное пособие – Одесса: ОЭИС, 1986. – 56 с.
2. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов, В.Л. Банкет, П.В. Иващенко / Под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. - 2-е изд., испр.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
4. Банкет В.Л., Иващенко П.В., Геер А.Э. Цифровые методы передачи информации в спутниковых системах связи: Учебное пособие. – Одесса: УГАС, 1996. – 180 с.