

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ ПРИ ПЕРЕДАВАННІ ІНФОРМАЦІЇ

Жураківський Б.Ю., Срочинська Г.С.,
Довженко Н.М., Бондарчук А.П.

*Державний університет телекомунікацій, Україна
E-mail: dnm_ovr@mail.ru*

Using the principles of error-correcting coding in the transmission of information

In this article reviewed noise stability codes - one of the most effective means of providing high fidelity as the storage and the transmission discrete data. A special coding theory of noise-immunity rapidly developing in recent years.

К. Шеннон сформулював теорему для випадку передачі дискретної інформації з каналу із завадами яка стверджує що ймовірність помилкового декодування прийнятих сигналів може бути забезпечена як завгодно малою шляхом вибору відповідного способу кодування сигналів.

Під завадостійкими кодами розуміють коди, що дозволяють виявляти або виправляти помилки, які виникають у результаті впливу завад.

Завадостійкість кодування забезпечується за рахунок введення надмірності в кодові комбінації, тобто за рахунок того, що не всі символи в кодових комбінаціях використовуються для передачі інформації.

Всі завадостійкі коди можна розділити на два основних класи: блокові і неперервні (рекурентні або ланцюгові).

У блокових кодах кожному повідомленню (або елементу повідомлення) відповідає кодова комбінація (блок) із певної кількості сигналів. Блоки кодують і декодують окремо. Блокові коди можуть бути рівномірними, коли довжина кодових комбінацій n постійна, або нерівномірними, коли n мінлива. Нерівномірні завадостійкі коди не одержали практичного застосування через складність їх технічної реалізації.

Як блокові, так і неперервні коди в залежності від методів внесення надмірності розділяються на роздільні і нероздільні. У роздільних кодах чітко розмежована роль окремих символів. Одні символи є інформаційними, інші є перевірними і служать для виявлення і виправлення помилок. Роздільні блокові коди називаються звичайно n -кодами, де n —довжина кодових комбінацій, k – число інформаційних символів у комбінаціях. Нероздільні коди не мають чіткого розділення кодової комбінації на інформаційні і перевірні символи. Цей клас кодів поки нечисленний. Роздільні блокові коди розділяються, у свою чергу, на несистематичні і систематичні.

Більшість відомих роздільних кодів складають систематичні коди. У цих кодів перевірні символи визначаються в результаті проведення лінійних операцій над певними інформаційними символами. Для випадку двійкових кодів кожний перевірний символ вибирається таким, щоб його сума за модулем два з певними інформаційними символами стала рівною нулю. Декодування

зводиться до перевірки на парність певних груп символів. У результаті таких перевірок дається інформація про наявність помилок, а в разі потреби - про позицію символів, де є помилки. Основні принципи завадостійкого кодування.

Для з'ясування ідеї завадостійкого кодування розглянемо двійковий код, що знайшов на практиці найбільш широке застосування. Нагадаємо, що двійковий код – це код із основою $m=2$. Кількість розрядів n у кодовій комбінації прийнято називати довжиною або значністю коду. Символи кожного розряду можуть приймати значення 0 і 1. Кількість одиниць у кодовій комбінації називають вагою кодової комбінації і позначають w .

Ступінь відмінності будь-яких двох кодових комбінацій даного коду характеризується так званою відстанню між кодами d . Вона виражається числом позицій або символів, у яких комбінації відрізняються одна від одної, і визначається як вага суми за модулем два цих кодових комбінацій.

Помилки, внаслідок впливу завад, виявляються в тому, що в одному або декількох розрядах кодової комбінації нулі переходять в одиниці і, навпаки, одиниці переходять у нулі. В результаті створюється нова - помилкова кодова комбінація.

Якщо помилки відбуваються тільки в одному розряді кодової комбінації, то їх називають однократними. При наявності помилок у двох, трьох і т.д. розрядах помилки називають дворазовими, триразовими і т.д.

Експериментальні дослідження каналів зв'язку показали, що помилки символів при передачі по каналу зв'язку, як правило, групуються в пачки різної тривалості. Під пачкою помилок розуміють ділянку послідовності, що починається і закінчується помилково прийнятими символами. В середині пачки можуть бути і правильно прийняті елементи.

Для вказання місць у кодовій комбінації, де є перекручування символів, використовується вектор помилки e . Вектор помилки n -розрядного коду – це n -розрядна комбінація, одиниці в якій указують положення перекручених символів кодової комбінації.

Вага вектора помилки we характеризує кратність помилки. Сума за модулем два для перекрученої кодової комбінації і вектори помилки дають вихідну невикривлену комбінацію.

Як уже відзначалося, завадостійкість кодування забезпечується за рахунок внесення надмірності в кодові комбінації. Це значить, що з n символів кодової комбінації для передачі інформації використовується $k < n$ символів. Отже, із загального числа $N_0=2^n$ можливих кодових комбінацій для передачі інформації використовується тільки $N = 2^k$ комбінацій. Відповідно до цього вся множина $N_0=2^n$ можливих кодових комбінацій поділяється на дві групи. У першу групу входить множина $N=2^k$ дозволених комбінацій, друга група містить у собі множину $(N_0 - N) = 2^n - 2^k$ заборонених комбінацій.

Якщо на стороні приймання встановлено, що прийнята комбінація відноситься до групи дозволених, то вважається, що сигнал прийшов без перекручувань. В іншому випадку робиться висновок, що прийнята комбінація перекручена. Однак це справедливо лише для таких перешкод, коли усунута можливість переходу одних дозволених комбінацій в інші.

У загальному випадку кожна з N дозволених комбінацій може трансформуватися в будь-яку з N_0 можливих комбінацій, тобто усього є $N \cdot N_0$ можливих варіантів передачі, із них:

- N варіантів безпомилкової передачі;
- $N(N-1)$ варіантів переходу в інші дозволені комбінації;
- $N(N_0-N)$ варіантів переходу в заборонені комбінації.

Таким чином, не всі переключення можуть бути виявлені. Частка помилкових комбінацій, що виявляються, складає

$$\frac{N(N_0 - N)}{N \cdot N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \quad (1)$$

Для використання даного коду як виправного множина заборонених кодових комбінацій розбивається на N підмножин, що не перетинаються. Кожна з підмножин ставиться у відповідність одній із дозволених комбінацій. Помилка виправляється в $(N_0 - N)$ випадках, рівних кількості заборонених комбінацій. Частка помилкових комбінацій, що виправляються, від загального числа помилкових комбінацій, що виявляються, складає

$$\frac{N_0 - N}{N(N_0 - N)} = \frac{1}{N} \quad (2)$$

Спосіб розбиття на підмножини залежить від того, які помилки повинні виправлятися даним кодом.

Нехай необхідно побудувати код, що виявляє всі помилки кратністю t і нижче. Побудувати такий код – це означає із множини N_0 можливих вибрати N дозволених комбінацій так, щоб будь-яка з них у сумі за модулем два з будь-яким вектором помилок із вагою $W_l \leq t$ не дала б у результаті ніякої іншої дозволеної комбінації. Для цього необхідно, щоб найменша кодова відстань задовольняла умову

$$d_{\min} \geq t+1 \quad (3)$$

У загальному випадку для усунення помилок кратності σ кодова відстань повинна задовольняти умову

$$d_{\min} \geq 2\sigma+1 \quad (4)$$

Аналогічно міркуючи, можна встановити, що для виправлення всіх помилок кратності не більше σ і одночасно виявлення всіх помилок кратності не більше t і (при $t \geq \sigma$) кодова відстань повинна задовільняти умову

$$d_{\min} \geq t + \sigma + 1 \quad (5)$$

Література

1. Хемминг Р. В. Теория кодирования и теория информации / Хемминг Р. В. – М. : Радио и связь, 1983. 214 с.
2. Кричевський Р. Е. Сжатие и поиск информации / Кричевський Р. Е. – М. : Радио и связь, 1989. – 168 с.
3. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике / Клод Шеннон. – М. : Иностранная литература, 1963. – С. 223-332.
4. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедру. – К. : Вища школа, 2003. – 220 с.