

О.Бандирська, О. Велика, Б. Садов'як, В.Різник*
 Національний університет "Львівська політехніка"
 *Аграрно технічна академія, м.Бидгощ (Польща)

УДК 519.15:621.372

ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬЦЕВОГО МОНОЛІТНОГО КОДУ МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

© Бандирська О., Велика О, Садов'як Б., Різник В., 2003

Розглядаються результати дослідження завадостійкості кільцевого монолітного коду методом імітаційного моделювання, що розширює знання про властивості кодів, побудованих на ідеальних кільцевих в'язанках.

This paper considers the results of research of the ring monolithic code immunity by simulating which broades knowledge on properties of the codes based on ideal ring bundles.

Вступ

Якість кодування даних визначається такими показниками, як точність, повнота, захищеність, надійність пересилання тощо. Одним із шляхів підвищення якості даних є застосування надлишкового коду. Всі відомі надлишкові коди можна використати для виявлення помилок, виправлення помилок та виправлення й виявлення помилок. Режим виправлення помилок здебільшого застосовується в тому випадку, коли в каналі зв'язку є незалежні помилки або пакети помилок. Виправлення помилок часто приводить до невиправданих затрат обладнання на пристрої кодування і декодування.

Підвищення надійності кодування даних досягається впровадженням зворотного каналу зв'язку. У цьому випадку прийнята за прямим каналом зв'язку кодова комбінація аналізується, щоб визначити, чи належить вона до числа дозволених комбінацій. Дозволена комбінація надходить до користувача після відкидання додаткових кодових розрядів, які призначені для перевірки комбінацій. У випадку виправлення помилки за зворотним каналом посилається сигнал запиту про можливі помилки. Тому передавальний пристрій повинен зберігати інформацію про відправлені сигнали на проміжку часу, достатньому для аналізу комбінації приймальним пристроєм і отримання можливого запиту про помилки. В основу завадостійкого кодування покладено принцип використання інформаційної надлишковості, що дає змогу виявляти і виправляти помилки накладанням додаткових умов на сигнали з подальшою перевіркою цих умов на приймальній стороні [1]. Однак це вимагає впровадження спеціальних, часто доволі складних методів перевірки їх виконання. Тому актуальною проблемою є дослідження нестандартних коректуючих кодів з простими правилами кодування і декодування інформації.

Аналіз останніх досліджень

До коректуючих кодів з простими правилами кодування і декодування інформації належить двійковий "монолітний код". Монолітним називається двійковий код, дозволени

комбінації якого утворюються зі щонайбільше двох пакетів однойменних символів. Конфігурація таких послідовностей може бути будь-якою, наприклад, набирати вигляду ланцюжка, розгалуженого дерева або кільця. Тому можна говорити про ланцюжкові, кільцеві, гіллясті та інші різновиди монолітних кодів. Важливою перевагою монолітного двійкового коду є висока швидкість виявлення та виправлення помилок, оскільки поява хоча б одного символу "1" серед нулів або символу "0" серед одиниць у прийнятій кодовій комбінації відразу вказує на помилку [2]. Помилка не виявляється лише у тих випадках, коли хибний сигнал виникає в першому або ж останньому символах пакета (на межі однойменних символів).

За результатами моделювання каналу зв'язку з використанням циклічного та монолітного кодів, наведеними в дисертаційній роботі [3], експериментально підтверджено переваги останнього щодо спрощених виявлення і виправлення помилок та швидкості робочих процедур під час кодування і декодування інформації. На відміну від циклічного коду монолітний код виявився ефективним засобом пересилання інформації каналами зв'язку за умови, коли ймовірність спотворення даних не перевищує $p=0,01$.

Постановка задачі

Основним завданням, яке виноситься у статті, є розширення знання про коректуючу здатність кільцевого монолітного коду за допомогою застосування імітаційного моделювання каналу пересилання інформації з урахуванням властивостей ІКВ.

Однією з невирішених задач, пов'язаною з дослідженням кільцевого монолітного коду, залишається відсутність порівняльної оцінки ефективності алгоритмів виявлення і виправлення помилок за умови, коли враховується рівень зашумленості каналу зв'язку та кратність помилок.

Властивості монолітного коду

Особливості монолітного коду впливають зі способу формування дозволених комбінацій. Легко побачити, що будь-яка з таких комбінацій ланцюгового монолітного коду є помилковою, оскільки у всіх них зустрічаються символи "1" серед нулів (те ж саме можна сказати й про розміщення символів "0" серед одиниць): 1110001000, 000111101, 11110001, 1101010001. Якщо в монолітному коді з'являються хибні символи, то всі вони або частина з них зразу ж виявляються за вищезгаданою ознакою, що спрощує процедуру виявлення та виправлення помилок. Для усунення помилок достатньо лише хибні символи замінити істинними за правилом: "більшість однойменних символів повинні утворювати неперервну послідовність". Одержаний результат впливає з вищезгаданої властивості монолітного коду: три перші комбінації піддаються виправленню за ознакою зв'язності однойменних символів: 111000000, 000111111, 11110000.

Властивість "зв'язності" однойменних символів не дає змогу виправити помилки в комбінації 1101010001, бо це призводить до різних варіантів виправлення помилок: 1111000000, 1111100000, 1111110000. Виявленню підлягають будь-які помилкові комбінації, але за умови, що хибні сигнали відсутні на місці розмежування різнойменних символів.

Використання надлишкових кодів для підвищення достовірності передачі інформації вимагає від проектувальника врахування різноманітних факторів, аналізуючи які можна обрати код, дослідити розподіл помилок в каналі зв'язку, визначити допустиму

ймовірність помилок кодової послідовності, досягти високої швидкості пересилання інформації, враховуючи складність алгоритмів пристроїв кодування і декодування, забезпечити необхідну надійність.

Відомо, що коректуючий код, який побудований на основі ідеальної кільцевої в'язанки, має велику перевагу порівняно з класичними кодами завдяки спрощеним алгоритмам виявлення і виправлення як незалежних помилок, так і пакетів помилок.

Отже, вибір методу підвищення достовірності пересилання інформації залежить від багатьох факторів, серед яких основними є достовірність прийому, допустима швидкість пересилання даних, вид помилок в каналі зв'язку.

Ідеальна кільцева в'язанка

Найпростіша ідеальна кільцева в'язанка (ІКВ) – це впорядкована послідовність цілих додатних чисел, розміщених у вигляді циклічної послідовності, всі числа якої, включно з множиною утворених сум із двох, трьох і т.д. поруч розміщених чисел, вичерпують натуральний ряд – від 1 до суми всіх чисел цієї послідовності [2]. Подібно до згаданих ІКВ можуть утворюватися більш складні комбінаторні конфігурації з десятками і сотнями елементів, кожен з яких – число або впорядкований набір чисел. В останньому випадку з'являється можливість кодування векторів за допомогою багатовимірних ІКВ.

Нехай розглядається ІКВ четвертого ($n = 4$) порядку (1,2,6,4). Тоді будь-якому натуральному числу від 1 до 13 можна поставити в однозначну відповідність певну кодову послідовність з "одиниць", ваги розрядів яких є числами ІКВ.

Нижче наведено таблицю для кодування чисел за допомогою ІКВ (1,2,6,4).

Легко побачити, що всі чотирирозрядні кодові комбінації чисел від 1 до 13, занесені в таблицю, утворюють так званий "монолітний" код, де кожна комбінація складається не більш ніж з двох блоків однойменних символів ("одиниць" і "нулів"). Така властивість монолітного коду дає змогу подавати будь-яке натуральне число від 0 до 13 у вигляді відповідної частини ІКВ.

Кодування чисел за допомогою ІКВ (1,2,6,4)

Ваги розрядів	Кодові комбінації чисел												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1

Опис системи програмування

Для моделювання використана система об'єктно-орієнтованого програмування C++ *Builder* виробництва корпорації *Borland*, яка призначена для операційних систем *Windows 95* і *NT*. Ця система підтримує зв'язок з різними базами даних трьох видів: *dBASE* і *Paradox*; *Sybase*, *Oracle*, *InterBase* і *Informix*; *Exel*, *Access*, *FoxPro* і *Btrieve*. Провідник *Database Explorer* дозволяє зображати зв'язки і об'єкти баз даних графічно. Система C++ *Builder* містить засоби керування об'єктом дослідження, візуального і

текстового редагування, а також засоби відлагодження з асемблерним вікном перегляду, покрокового виконання, точками зупинки, трасування тощо [4].

Програма для імітаційного моделювання зашумленого каналу пересилання інформації з використанням кільцевого монолітного коду складається з одного вікна, на якому містяться три закладки: "Параметри досліджу", "Графік" та "Статистика".

На закладці "Параметри досліджу" можна вибрати такі параметри дослідження, як кількість ІКВ, кратність похибки та кількість ітерацій. Крім того, передбачена можливість завантаження та збереження параметрів дослідження на жорсткий диск. У верхній частині екрану відображається згенероване, зашумлене та виправлене слова, а також ілюструються статистичні дані про число здійснених ітерацій досліджу та відсотки виправлених і виявлених помилок. Інформація відображається на екрані опціонально: для збільшення швидкодії експерименту виведення інформації на екран можна відключити за допомогою вікна "Параметри відображення". Більшу частину цієї закладки займає таблиця, за якою можна обирати параметри p і s досліджуваної ІКВ [2]. Кнопки "Старт" і "Пауза" дозволяють керувати дослідженням.



Рис. 1. Закладка "Параметри досліджу" з висвітленням таблиці, яка містить десять наборів параметрів ІКВ

На рис. 1 ілюструється закладка "Параметри досліджу" з висвітленням таблиці, яка містить десять наборів параметрів ІКВ. Закладки "Графік" та "Статистика" відображають інформацію про результати дослідження завадостійкості монолітного коду в графічному та текстовому режимах відповідно.

На закладці "Графік" висвітлюється відсоток виправлених та виявлених помилок стосовно всіх згенерованих слів, а також рівень зашумлення каналу залежно від порядку ІКВ. На закладці "Статистика" висвітлюються результати дослідження у вигляді підсумкової таблиці.

Результати моделювання каналу зв'язку

Нижче наведені графіки, які ілюструють результати моделювання каналу зв'язку з використанням кільцевого монолітного коду для визначення його завадостійкості, залежно від порядку ІКВ для різних значень кратності помилок (рис. 2).

З рис.2 випливає, що для монолітного кільцевого коду з відносно невеликим числом розрядів можна досягнути практично 100%-го виявлення двократних помилок.

При зростанні числа розрядів монолітного коду, а отже порядку ІКВ, спостерігається експоненційна залежність зростання кількості виправлених помилок. Однак, ефективність процесу виправлення помилок залишається значно нижчою порівняно з процесом їх виявлення, причому ця відмінність зростає зі збільшенням кратності помилок.

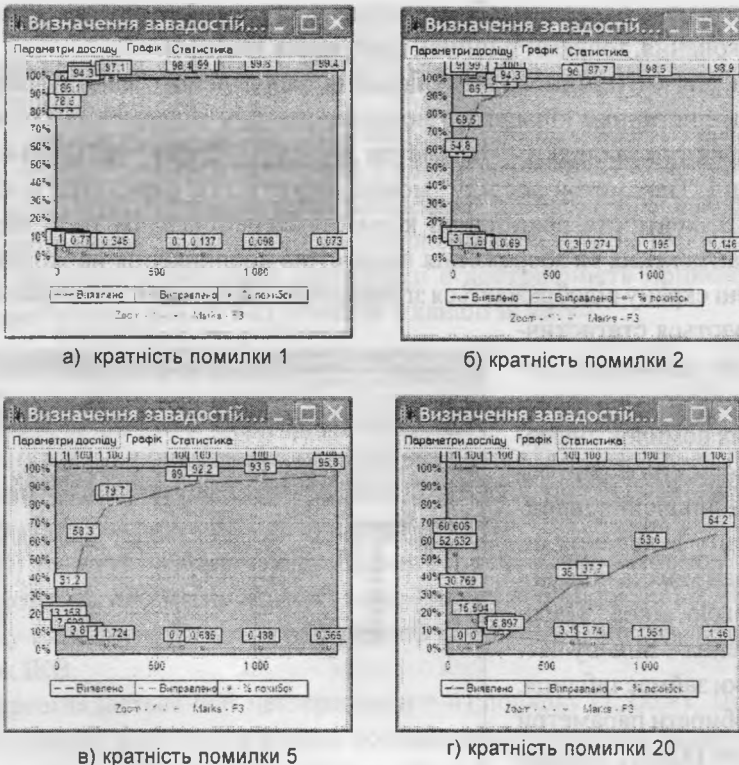


Рис. 2. Результати моделювання каналу зв'язку з використанням кільцевого монолітного коду для визначення його завадостійкості, залежно від порядку ІКВ для різних значень кратності помилок

Висновок

Результати імітаційного моделювання зашумленого каналу пересилання даних з використанням кільцевого монолітного коду підтверджують його високу ефективність щодо виявлення помилок, яка забезпечує можливість виявлення від 99,7 до 100% однократних помилок залежно від розрядності коду, і практично 100% дво- і багатократних помилок для монолітного коду з числом розрядів більшим за 30, причому його висока захищеність зберігається зі збільшенням кратності помилок. Зі збільшенням розрядності монолітного коду спостерігається експоненційна залежність зростання виправлених помилок.

Однак при цьому спроможність виправлення багатократних помилок зменшується. Наприклад, у випадку однократних помилок з числом розрядів 33 виправляється в середньому 74,4% помилок, тоді як двократних з числом розрядів 38 – 54,8%, а п'ятикратних – лише 31,2%.

Отже, спроможність монолітного коду щодо виявлення помилок є набагато вищою від спроможності виправлення помилок. За результатами імітаційного моделювання каналу зв'язку експериментально встановлено, що за умови, коли рівень зашумлення каналу зв'язку становить 5 – 10 помилок на одне слово, практично достатньо використовувати ІКВ не вище порядків 200 – 250 для кільцевого монолітного коду. Складність

і швидкість виконання алгоритмічних операцій для перевірки кодових комбінацій практично не залежать від режиму декодування повідомлень.

Застосування кільцевого монолітного коду, побудованого на базі ІКВ, є актуальним і перспективним. Він може знайти застосування в системах забезпечення надійного зв'язку при космічних польотах, в радіоастрономії та супутниковій геодезії, а також в задачах стандартизації кодових сигналів в інформаційних і комп'ютерних технологіях та вимірвальній техніці.

Перспективним слід вважати дослідження проблеми інформаційної, метричної та структурної надмірності систем на основі властивостей ІКВ, включаючи оптимізацію і вдосконалення нормативної бази виробництва з метою забезпечення якості кодування даних, їх перетворення та опрацювання для поліпшення техніко-економічних показників виробництва.

1. Цымбал В.П. Теория информации и кодирование. – К.: Вища школа, 1982. – 304 с.
2. Різник В.В. Комбінаторні моделі і методи оптимізації в задачах інформатики: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1991. – 72 с.
3. Кісь Я.П. Моделювання та синтез завадостійких кодів за допомогою ідеальних кільцевих в язанок. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Львів, ДУ "Львівська політехніка". – 1998.
4. Луис Д. Справочник С и С++. – М.: Бином, 1997.

О. Білас, О. Томашевський

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.3:612.822

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ТА НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

© Томашевський О., Білас О., 2003

Розглядаються технології штучного інтелекту в системах управління. Наведено схеми застосування нейромереж у системах керування. Інтелектуальне