

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ ПО РОЗПОДІЛЬНІЙ СИЛОВІЙ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОДІВ ХАФМАНА

Авраменко А.В., група ПЕ-01

Керівник доц. каф. ЕТ Хламов М.Г.

Передача даних по розподільній силовій мережі (РСМ) супроводжується високим рівнем завад, які приводять до появи помилок при демодуляції. Характер інформації, яка передається в АСКОЕ, потребує високої достовірності передавання. Для таких систем рекомендована ймовірність прийому помилкового символу на рівні 10^{-6} .

Модулювання показало, що при застосуванні методів частотної маніпуляції (ЧМн) при передачі даних із символьною швидкістю 4800 бод, можна забезпечуючи ймовірність помилкового декодування рівною 0,03, що більш ніж на 4 порядки перевищує встановлену межу.

Для підвищення достовірності зв'язку треба вносити до кожної посилки збиткову інформацію, яку приймач зможе використати для перевірки наявності помилок, та їх виправлення. Для цього використовують спеціальні методи кодування. Найбільш поширені та придатні для нашого випадку це коди Хеммінга та циклічні коди. Для того щоб код мав можливість виправляти всі помилки кратності до s , включно, в повідомленні, яке містить k інформаційних символів до нього треба ввести m додаткових символів, які будуть містити інформацію для перевірки, щоб виконувалась нерівність:

$$2^m - 1 \geq \sum_{i=1}^s C_{m+k}^i \quad (1)$$

Загальне число символів в повідомленні складатиме $n=m+k$. Якщо ймовірність неправильного прийому одного біту становить $p_{ном}$, то появлення помилок кратності i в повідомленні, що містить n символів дорівнює:

$$P_i = C_{m+k}^i \cdot p_{ном}^i \cdot (1 - p_{ном})^{n-i} \quad (2)$$

При $i=0$ ми отримуємо ймовірність безпомилкового прийому всього повідомлення. На рис.1 зображені залежності ймовірності появи помилок різної кратності в повідомленнях довжиною 8, 32 та 64 символів, де ймовірність неправильного прийому одного символу $p_{ном}=0,03$ (крапки з'єднані лініями для зручності огляду).

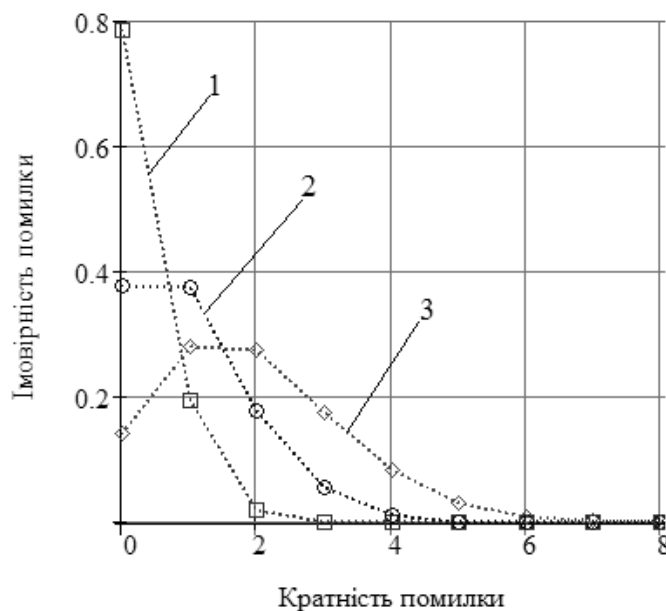


Рисунок 1 — Ймовірності кратної помилки:

- 1 — при довжині повідомлення $n=8$; 2 — при довжині повідомлення $n=32$;
3 — при довжині повідомлення $n=64$

З рис. 1 видно, що при повідомленнях великої довжини ймовірність безпомилкового прийому стає менше ніж ймовірності появи помилок малої кратності. Якщо до повідомлення входить код, який виправляє всі помилки кратності до s , включно, то ймовірність того, що повідомлення буде декодовано невірно становить:

$$P_{ном_повід} = 1 - \sum_{i=0}^s P_i \quad (3)$$

Мною були визначені виправляючі властивості кодів, необхідні для забезпечення ймовірності помилкового прийому повідомлення на рівні 10^{-6} , для повідомлень різної довжини. Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1 — Завадостійкість кодових комбінацій різної довжини

k	s	m	n	$P_{ном_повід}$	n/k
1	4	8	9	$2,8 \cdot 10^{-6}$	9
1	5	10	11	$0,3 \cdot 10^{-6}$	11
2	5	12	14	$1,8 \cdot 10^{-6}$	7
2	6	14	16	$0,2 \cdot 10^{-6}$	8
4	5	14	18	$9,9 \cdot 10^{-6}$	4,5
4	6	16	20	$1,2 \cdot 10^{-6}$	5
8	7	22	30	$2,1 \cdot 10^{-6}$	3,75
8	8	24	32	$0,3 \cdot 10^{-6}$	4
16	8	28	44	$5,4 \cdot 10^{-6}$	2,75
16	9	31	47	$1,1 \cdot 10^{-6}$	2,9

В табл. 1 представлені результати розрахунків для повідомлень, які містять 1, 2, 4, 8 або 16 інформаційних символів. Остання колонка таблиці характеризує зменшення ефективної інформаційної швидкості порівняно із символною.

Видно, що для забезпечення необхідної завадостійкості треба використовувати кодові комбінації, які можуть виправляти помилки великої кратності. Наприклад, для одно та двобайтних інформаційних слів параметр s дорівнює 8. Це може становити проблему при реалізації системи на базі 8-ми розрядних МК.

Для зменшення необхідної виправляючої здатності коду можна застосувати зв'язок із повторними передачами. Вибираючи оцінки символів по мажоритарному принципу. При трьох повторних передачах оцінка імовірності помилкового декодування дорівнюватиме квадрату формули (3), а при п'яти — її кубу. В табл. 2 наведені розрахунки імовірностей для системи кодування із трьома та п'ятьма повторними передачами, відповідно.

Перша колонка табл. 2 показує кількість повторних передач, а остання — зменшення швидкості передачі інформації.

Таблиця 2 — Завадостійкість кодових комбінацій різної довжини при застосуванні повторної передачі

N_n	k	s	m	n	$p_{ном_повід}$	n/k	$N_n \cdot n/k$
3	2	2	5	7	$0,7 \cdot 10^{-6}$	3,5	10,5
	4	2	6	10	$7,6 \cdot 10^{-6}$	2,5	7,5
	4	3	9	13	$0,2 \cdot 10^{-6}$	3,25	9,75
	8	3	10	18	$3,1 \cdot 10^{-6}$	2,25	6,75
	8	4	13	21	$0,1 \cdot 10^{-6}$	2,6	7,9
	16	4	16	32	$6,2 \cdot 10^{-6}$	2	6
	16	5	19	35	$0,3 \cdot 10^{-6}$	2,2	6,6
5	2	1	3	5	$0,6 \cdot 10^{-6}$	2,5	12,5
	4	1	3	7	$5,0 \cdot 10^{-6}$	1,75	8,75
	4	2	6	10	$0,02 \cdot 10^{-6}$	2,5	12,5
	8	2	7	15	$0,8 \cdot 10^{-6}$	1,9	9,4
	16	2	9	25	$54,7 \cdot 10^{-6}$	1,6	7,8
	16	3	12	28	$0,8 \cdot 10^{-6}$	1,75	8,75

Із порівняння табл. 1 та 2 можна зробити наступні висновки:

– найбільшу ефективну швидкість передачі при однаковій кількості інформаційних символів в повідомленні можна отримати не використовуючи повторних передач;

– якщо брати до уваги однакову кратність помилок, які виправляються кодом, то найбільшу ефективну швидкість має метод із трьома передачами;

Вибір конкретного методу залежить не тільки від його впливу на ефективну швидкість передачі, але й від складності реалізації алгоритму кодування-декодування.

Можна зробити наступні оцінки складності алгоритму кодування. Для виправлення помилок треба мати таблицю, яка містить n стовпців, та $2^m - 1$ строк, в який будуть знаходитися вектори помилок. В пам'яті 8-ми розрядного

мікроконтролера така таблиця буде займати $(2^m-1) \cdot [n/8]$ байт (округлення в більшу сторону). Додатково необхідна таблиця масок для отримання показників помилок, яка містить m строк та n стовпців, але вона займає значно менше місця в пам'яті.

Наприклад, кодування першим методом, при $k=2$ та $m=12$ потребує 8 кБ для збереження векторів помилок, швидкість при цьому зменшиться в 7 разів. Застосування другого методу, при $k=8$ та $m=10$ потребує лише 3 кБ пам'яті, при тій самій ефективній швидкості. При використанні коду із п'ятьма передачами, для $k=8$ та $m=7$, оцінка пам'яті МК для збереження інформації для кодування в цьому випадку становить близько 1 кБ, проте ефективна швидкість зменшується в 9,4 рази.

Висновки. Проведене дослідження показує доцільність використання ЧМн модуляції, разом із залученням кодування інформації кодами Хафмана, при умові проведення повторних передач. Це дає можливість організації системи кодування-декодування за допомогою 8-ми розрядного мікроконтролера. Було знайдено три близькі по завадостійкості варіанти кодування, які відрізняються один від одного ефективною символічною швидкістю, та обсягом необхідної для виправлення помилок пам'яті мікроконтролера. Це дозволяє в кожному конкретному випадку вибрати найбільш ефективну модель кодування.

Перелік посилань

1. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. — К.: Вища школа, 1986. — 280 с.
2. Темников Ф.Е., Афронин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. — М.: Энергия, 1979. — 512 с.
3. Цимбал В.П. Теория информации и кодирование. — К.: Вища школа, 1982. — 304 с.