

ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ АНТИКОЛІЗІЇ ДЛЯ СИСТЕМ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

В. О. Попович¹, В. М. Степаненко¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

Розглядається кореляційний метод вирішення задачі антиколізії для радіомаркерів. Пропонується алгоритм пошуку оптимальних кодових послідовностей маркерів. Наводяться результати аналізу автокореляційних і взаємно кореляційних функцій модифікованих послідовностей максимальної ймовірності. Визначено максимально можливе число кодів для 16-значних послідовностей із заданими кореляційними властивостями.

Ключові слова: радіочастотна ідентифікація, колізія, кореляційний метод, послідовність максимальної ймовірності

Вступ

В останні роки одним з напрямків радіоелектроніки, що перспективно і бурхливо розвиваються став метод радіочастотної ідентифікації (Radio Frequency Identification – RFID). Областю його застосування є маркування грузу і багажу, простеження маршрутів різних вантажів і об'єктів, приховане маркування контейнерів і автомобілів, інвентаризація товарів на складах і т. д. Застосування систем RFID з маркерами «тільки читання» цілком достатньо для систем контролю та обліку об'єктів збереження. Однак виникає необхідність виборчої взаємодії – наслідком зчитувача з маркерами, які перебувають одночасно в зоні опитування зчитувача. Кожний з маркерів, що потрапили в зону опитування, буде відповідати, і модульовані сигнали від них одночасно з'являться на вході зчитувача, спотворюючи один одного. Це явище називається колізією. При колізії даних на вході зчитувача останній не отримає від радіоміток достовірної інформації. Тому зчитувач і маркери повинні бути спроектовані таким чином, щоб була можливість застосувати антиколізійні процедури [1]. Антиколізійні алгоритми, які використовуються в системах RFID, подібні зі способами вирішення конфліктних ситуацій множинного комунікаційного доступу. Найбільш загальними класифікаційними ознаками для антиколізійних методів є простір, частота і час [2].

1. Вирішення задачі антиколізії в складі RFID-системи з використанням кореляційної обробки

Для отримання унікальних кодових послідовностей використовується біфазне кодування. Зчитувач послідовно опитує групу пасивних маркерів, що знаходяться в зоні зчитування. При цьому відповідають всі маркери, що потрапили в зону опитування. Відповідний сигнал являє собою імпульс, що утворюється

при відображенні опитувального сигналу від маркера. Після прийому відповідних сигналів проводиться їх детектування по амплітуді і порівняння їх рівнів з обраним пороговим рівнем. При виявленні сигналу, що перевищує пороговий рівень, робиться висновок про наявність розшукуваного маркера в групі, що містяться в сигналі запиту. Іншими словами, зчитувач отримує сигнали, які представляють собою безліч взаємно кореляційних функцій (ВКФ), і лише один з них буде автокореляційною функцією (АКФ) шуканого сигналу. В результаті обробки прийнятої інформації зчитувач «приймає рішення» про ідентифікацію данного маркера по перевищенню заданого порогового рівня сигналу. Послідовно повторюють ці операції для всіх маркерів, що містяться в даній групі [3].

2. Концепція кодування

Для роботи системи RFID з використанням кореляційної обробки потрібно, щоб маркери мали унікальні коди, що володіють «хорошими» кореляційними властивостями [2]. Таким чином, необхідно вирішити задачу – знайти алгоритм визначення ідентифікаційних кодів, що привласнюються маркерами, з числа тих, які мають задані кореляційні властивості. Автокореляційні функції кодових послідовностей повинні мати яскраво виражені піки (максимуми). Рівні бічних пелюсток АКФ повинні бути мінімальними. Максимальна величина піку ВКФ не повинна перевищувати деякого порогового значення, що гарантує мінімальний рівень взаємних перешкод. Також для конкретних завдань важлива наявність великої кількості маркерів, а значить і числа кодів. Найкращі автокореляційні властивості мають коди Баркера. Однак цими властивостями володіють тільки коди Баркера з числом символів в коді 3, 4, 5, 7, 11 і 13. Кодові послідовності, для числа символів, більше 13, не знайдені. Максимум піку автокореляції прямо пропорціональні довжині послідовності. Тому

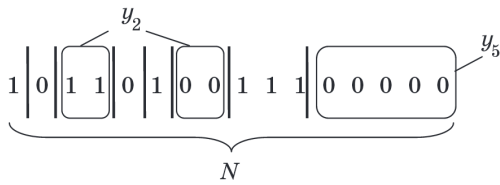


Рис. 1. Структура кодової послідовності

важливо мати максимально можливу довжину коду. Також слід зауважити, що особливе місце займають сигнали, кодові послідовності яких є послідовностями максимальної довжини, або М-послідовності [2]. М-послідовності мають піки автокореляції, але число послідовностей обмежено, і їх ВКФ не є оптимальними. З М-послідовностей можна отримати послідовності Голда і Касамі, але їх кількість теж обмежена. Для М-послідовностей з періодом $N = 63$ можна знайти 65 послідовностей Голда і 520 послідовностей Касамі. Однак при розгляді їх взаємно кореляційних властивостей виявляється, що не всі послідовності будуть задовільняти раніше сформованим вимогам. Найбільш придатними кодовими послідовностями є послідовності максимальної ймовірності (ПМЙ), що складаються з блоків. Кожен блок – це послідовність символів одного знака. Параметр N в даному випадку – число біт (або знаків). У послідовностей з оптимальним числом блоків [4] M бічні пелюстки АКФ мінімальні в порівнянні з іншими послідовностями. Для непарного N :

$$M_0 = (N + 1)/2$$

для парного N :

$$M_0 = N/2$$

Блоки можуть бути одиничними (складатися з одного символу), подвійними (складатися з двох символів) і т. д. Для послідовності довжиною N , що складається з M блоків, мають місце рівності [4]:

$$N = \sum_{k=1}^{k_{max}} k y_k \quad (1)$$

$$M = \sum_{k=1}^{k_{max}} y_k \quad (2)$$

де k_{max} – довжина максимального блока. Якщо послідовність має оптимальне число блоків M_0 , то середнє значення числа блоків довжиною k може бути знайдено як [4]:

$$\overline{y_k} = M_0 2^{-k}$$

Довжина максимального блока [4]:

$$k_{max} = N - \sum_{k=1}^{k_0} k y_k$$

де k_0 – довжина блока, для якого $\overline{y_k} = 1$:

$$k_0 = \log_2 M_0$$

3. Результати

В ході дослідження виконано розрахунковий аналіз АКФ і ВКФ послідовностей максимальної ймовір-

ності. Аналіз проводився для 16-значних послідовностей. Структуру послідовностей при оптимальному числі блоків представлена в табл. 1, звідки видно, що поодинокі блоки повинні складати примірно половину від загального числа блоків, подвійні – четверту частину, потрійні – восьму частину і т. д. Слід зазначити, що число символів послідовності визначає рівність [3], число блоків – рівність [1], а число блоків довжини k – рівність [2]. При цьому блоки чередуються. Число таких послідовностей визначаються поліноміальним законом [4]:

$$L = \frac{M_0!}{\prod_{k=1}^{k_{max}} y_k!}$$

Для $N = 16$ число послідовностей $L = 840$.

Табл. 1

N	M_0	k_0	k_{max}	Кількість блоків
16	8	3	5	$y_1=4, y_2=2, y_3=1, y_5=1$
32	16	4	6	$y_1=8, y_2=4, y_3=2, y_4=1, y_6=1$
64	32	5	7	$y_1=16, y_2=8, y_3=4, y_4=2, y_5=1, y_7=1$

Табл. 2

Структура кодової послідовності	Поріг АКФ	Число кодів з врахуванням порогів АКФ	Поріг ВКФ	Число кодів з врахуванням порогів ВКФ
$y_1 = 4$ $y_2 = 2$ $y_3 = 1$ $y_5 = 1$	0,25	353	0,375	4
			0,5	13
			0,625	42
			0,75	113
	0,375	741	0,375	5
			0,5	16
			0,625	51
			0,75	174
	0,5	837	0,375	5
			0,5	17
			0,625	50
			0,75	184
$y_1 = 4$ $y_2 = 1$ $y_3 = 2$ $y_4 = 1$	0,25	229	0,375	4
			0,5	13
			0,625	35
			0,75	89
	0,375	653	0,375	6
			0,5	15
			0,625	50
			0,75	180
	0,5	829	0,375	6
			0,5	17
			0,625	54
			0,75	187

Результати аналізу автокореляційної функції та взаємкореляційної функції послідовності максимальної ймовірності представлені в табл. 2 в

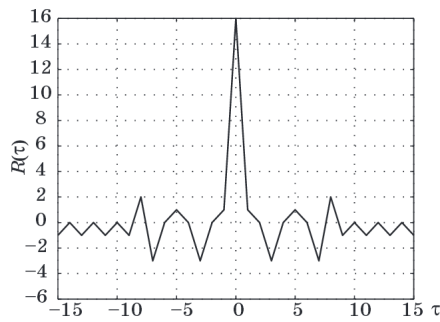


Рис. 2. АКФ послідовності 1010110011100000

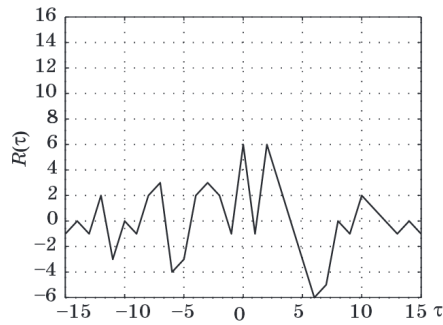


Рис. 3. ВКФ послідовності 1010110011100000

нормованому вигляді. В таблиці показана залежність числа кодів послідовності максимальної ймовірності від значення порогів бічних пелюсток АКФ ($|R_{max}|_{AKF}/N$) (Рис.2) і піків ВКФ ($|R_{max}|_{VKF}/N$) (Рис. 3). Розглядаються послідовності, сформовані за двома правилами. Перша група послідовностей має структуру з оптимальним числом блоків, значення яких задовольня [2]. Друга група послідовностей не задовольняє рівності [2], але в той же час рівності [3] і [1] виконуються. Істотні відмінності лише в простоті формування. АКФ мають піки автокореляції, піки ВКФ порівнянні з бічними пелюстками автокореляційних функцій. Малий рівень бічних пелюсток говорить про вирішення проблеми колізії між кодами. Аналіз 16-значних послідовностей показав, що статистична характеристика модуля бокового піку АКФ складає 0,75 – 2. В результаті значення характеризують перевищення R_{max} рівня $\frac{1}{\sqrt{N}}$, тобто в даному випадку максимальний боковий

пік перевищує рівень $\frac{1}{\sqrt{N}}$ в 2 рази і складає значення 8. Ця характеристика близька до найкращих М-послідовностей, для яких статистична характеристика модуля бокового піку 0,7 – 1,25. В той же час число ПМІ суттєво більше числа М-послідовностей. В той же час число послідовностей максимальної ймовірності суттєво більше числа М-послідовностей. Для ВКФ послідовностей максимальної ймовірності ($|R_{max}|_{VKF}/N$) в даному випадку складає 1,5 – 3. Значення ($|R_{max}|_{AKF}/N$) та ($|R_{max}|_{VKF}/N$) можуть бути достатньо легко закладені в алгоритм формування кодів для отримання послідовностей з потрібними статистичними характеристиками.

4. Висновки

Рішення проблеми колізії для системи радіочастотної ідентифікації може бути знайдено через застосування кореляційного методу. Для роботи системи RFID з використанням кореляційної обробки потрібно, щоб маркери мали унікальні коди, що володіють «хорошими» кореляційними властивостями. Найбільш придатними кодовими послідовностями є послідовності максимальної ймовірності. Обмежене число ПМВ обумовлено вимогами до статистичних характеристик АКФ і ВКФ. Розглянутий кореляційний метод вирішення задачі антиколізії для систем радіочастотної ідентифікації може застосовуватися в задачах логістики, охорони та обліку об'єктів.

Перелік використаних джерел

1. Дшхиян В.Л. Шаньгин В.Ф. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и сим-карты. — М. : НТ Пресс, 2004.
2. Т. Шарфельд. Системы RFID низкой стоимости. — М., 2006.
3. R.W. Brocato. Passive microwave Tags. — Sandia National Laboratories, 2004.
4. Л.Е. Вярракин. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М. : Радио и связь, 1985.