

Висновки

1. Термін «невизначеність вимірювання» можна трактувати як параметр, який характеризує розсіювання значень. Невизначеність вимірювання включає в себе складові, які викликані систематичними впливами.

2. Оцінка невизначеності, яка характеризує точність методу випробовування (вимірювання) називається апіорною, її основою є теорія ймовірності, яка дозволяє досліджувати і описувати закони розподілу випадкових величин. Оцінка невизначеності для конкретних результатів вимірювання є апостеріорною, її визначають безпосередньо після випробовування (вимірювання), за конкретних умов, за визначеною методикою із застосуванням конкретних ЗВТ.

3. Апіорно оцінена невизначеність – найбільша, за найгіршого збігу обставин випробовування, апостеріорна невизначеність результатів конкретного випробовування може бути на порядок меншою.

4. Невизначеність визначення вимірюваної величини є мінімальною невизначеністю вимірювання. Цей інтервал, який називається вимірюваним значенням величини, може бути представлений одним з його значень.

Література

1. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України № 113/98-ВР від 11.02.1998» (зі змінами, внесеними згідно із Законом № 762-IV від 15.05.2003, в редакції Закону № 1765-IV від 15.06.2004). [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр.
2. Чалый В.П. Неопределенность и погрешность, их сходство, различие и употребление в разных метрологических процедурах / В.П. Чалый // Збірник наукових праць. Системи обробки інформації. – вип. 7(56). Невизначеність вимірювання: наукові, нормативні та прикладні аспекти, 2006. – С. 82–86.
3. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях : [учеб. пособие] / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. – Харьков, Консум, 2002–256 с.
4. Новиов В.В. Автоматизация процесса вычисления оценок неопределенности вычислений / В.В. Новиов, А.Н. Коцюба // Системи обробки інформації. – Харків, 2006. – Вип. 7 (56). – С. 59–61.
5. Мержиевська В.В. Оцінювання невизначеності вимірювання параметрів автомобільних двигунів під час стендового випробовування / В.В. Мержиевська // Системи обробки інформації. – Харків. – 2008.
6. Паракуда В.В. Еволюція вимог до метрології / В.В. Паракуда, Б.Д. Колпак, В.П. Чалый // Український метрологічний журнал. – 2005. – № 3. – С. 56–60.
7. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First edition. – ISO, Switzerland, 1993.
8. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений» (РМГ 43:2001, IDT).
9. Настанова з оцінювання невизначеності вимірювання результатів кількісних випробувань: Технічний звіт EUROLAB № 1/2006//Переклад з англ. та науково-технічне редагування: А. В. Абрамов; А. М. Коцюба, В. М. Новіков. – Київ, Євролаб-Україна, 2008. – 51 с.

Рецензент: д.т.н. Супрун Н.П.
Надійшла 10.2.2012 р.

УДК 681.51

Я.М. НИКОЛАЙЧУК, Н.Г. ШИРМОВСЬКА
Інститут мікропроцесорних систем енергетики НАН України

БАЗИС ГАЛУА ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТАНІВ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Теоретико-числові бази є фундаментальними теоретичними основами систем числення та методів кодування даних. Базис породжується системами ортогональних функцій. Математичною основою теоретико-числових базисів є системи ортогональних функцій на деякому інтервалі зміни аргументу.

Theoretical and numerical bases are fundamental theoretical foundations of number systems and methods of data encryption. Basis generated by systems of orthogonal functions. Mathematical foundation of theoretical and numerical bases is a system of orthogonal functions on some interval change argument.

Ключові слова: квазістаціонарні об'єкти, коди поля Галуа.

Вступ

Вибір базисної функції виконується залежно від системних характеристик різних каналів зв'язку та умов експлуатації комп'ютерних систем. В сучасних комп'ютерних та телекомунікаційних системах широко використовуються теоретико-числові бази на основі кусково-змінних дискретних функцій, які забезпечують значно простішу реалізацію цифрових генераторів, а також спрощують алгоритми цифрового приймання сигналів [1].

Розробка базисів на основі систем кусково-постійних ортогональних функцій, до яких належать відомі базиси: унітарний, Хаара, Крейга, Радемахера, Крестенсона, Галуа та ін. [2, 3], дозволила суттєво спростити цифрове оброблення базисних функцій на основі їх представлення у вигляді логічних кодових матриць.

З метою оцінки ефективності кодування даних на основі різних теоретико-числових базисів доцільно провести аналіз кодових матриць, які породжують різні системи числення. При цьому важливою характеристикою кожного базису є об'єм його кодової матриці M_j та число активних елементів m_j , що визначає характеристики надлишковості представлення інформації на основі аналітичної оцінки:

$$V_i = n_j \cdot N_j,$$

де n_j – розрядність числа; N_j – число незалежних кодових значень.

Огляд літератури та постановка задачі дослідження

Кодова послідовність Галуа базується на основі базису Галуа (рис. 1).

Коди поля Галуа [1] за загальною класифікацією відносяться до підкласу циклічних блокових кодів, які володіють всіма основними властивостями завадозахищених кодів. В блокових кодах, показаних на рис. 2, послідовність елементарних повідомлень розбивається на блоки символів $(B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)$ фіксованої довжини K , кожному з яких ставиться в відповідності певна комбінація символів кодового слова $(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$. Циклічні коди відносяться до систематичних кодів. Для даних кодів можна записати відповідний їм аналітичний вираз, чи деяке логічне співвідношення, яке визначається правилами створення цих кодів. Найбільш зручною формою представлення циклічних кодів – використання алгебраїчного виразу [1].

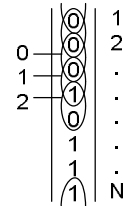


Рис. 1. Представлення коду Галуа

$$G(x) = a_{n-1} \cdot x^{n-1} + a_{n-2} \cdot x^{n-2} + \dots + a_1 \cdot x + a_0,$$

де $a_{n-1} - a_0$ – числа, що дорівнюють «0» чи «1», які визначають відповідні значення розрядів кодових комбінацій. Таким чином, дія над циклічними кодами зводиться до дії над відповідними математичними виразами. Коефіцієнти однакових степенів додаються за модулем 2. Дані коди є одними з найбільш досконалою упаковкою інформації.

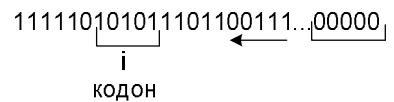


Рис. 2. Формування коду Галуа

Найбільш ефективно переваги даного базису можна використати при кодуванні інтегральних значень, оскільки при інтегруванні кожне наступне значення збільшується на одиницю. Тому, на відміну від базису Радемахера, кожне дискретне значення інтеграла функції $x(t)$ замість n -розрядного двійкового коду фіксується одним бітом Галуа [1].

Вдосконалення методів діагностування квазістаціонарних об'єктів на основі кодів поля Галуа

Значні успіхи у розвитку теоретичних засад кодування дискретних джерел інформації досягнуто на основі інформаційних технологій у теоретико-числовому базисі (ТЧБ) Галуа [3,4].

Особливістю ТЧБ Галуа є найвища компактність представлення даних, рекурентність, захищеність від помилок, нелінійність перетворень та інше. Даний базис породжує систему числення Галуа та коди поля Галуа (КПГ). КПГ широко використовується в сучасних інформаційних системах для кодування, передавання, захисту від помилок, стиснення та цифрового арифметико-логічного опрацювання даних.

Фундаментальною основою інформаційної технології перетворення та кодування даних у базисі Галуа є теорія чисел, а також теорія алгебраїчних та абелевих груп [5].

Просте поле Галуа утворюється повною системою найменших невід'ємних залишків по модулю простого числа P , яке позначається через $GF(P)$ або конкретніше G_r^r , де P – модуль, r – довжина кодового ключа. Кодовий ключ r визначається на основі незвідного полінома відповідного степеня і дозволяє рекурентно генерувати КПГ на основі логічного рівняння

$$G_{i+1} = a_i G_i \oplus a_{i-1} G_{i-1} \oplus \dots \oplus G_{i-r}, \tag{1}$$

де \oplus – операція визначення залишку за модулем P згідно з виразом

$$G_i \oplus G_{i-j} = \text{res}(G_i + G_{i-j}) \text{ mod } P;$$

коефіцієнти $a_i \in \overline{0,1}$, які визначаються рівнянням незвідного полінома

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + 1. \tag{2}$$

Залежно від величини простого модуля $P = 2, 3, 5, 7, 11, \dots$ утворюється для $P = 2$ бінарні КПГ, які породжують відомі послідовності максимальної довжини (M -послідовності), коди Баркера та їх модифікації, а також двовимірні шумоподібні коди [3]. При цьому у виразі (1) операція \oplus вироджується у виконання булевої операції еквівалентності (виключне АБО).

В полі Галуа арифметичні операції додавання, віднімання, множення та ділення виконуються за

модулем P .

Існують незвідні поліноми, які породжують КПП на основі рекурсії $G_{i+1} = G_i \oplus G_{i-r}$, які дозволяють генерувати КПП за модулем $P = 2, 3, 5, 7$ найбільш простими апаратно-програмними засобами (табл. 3) [6].

Таблиця 3

Кодові ключі генерації КПП			
P	r	Незвідний поліном	r
2	3	$x^3 + x + 1$	2
	4	$x^4 + x + 1$	3
	5	$x^5 + x^2 + 1$	3
	6	$x^6 + x + 1$	5
	7	$x^7 + x + 1$	6
	9	$x^9 + x^4 + 1$	5
	10	$x^{10} + x^3 + 1$	7
	11	$x^{11} + x^2 + 1$	9
	15	$x^{15} + x + 1$	14
	17	$x^{17} + x^3 + 1$	14
	18	$x^{18} + x^7 + 1$	11
	20	$x^{20} + x^3 + 1$	17
	21	$x^{21} + x^2 + 1$	19
	22	$x^{22} + x + 1$	21
	23	$x^{23} + x^5 + 1$	18
25	$x^{25} + x^3 + 1$	22	
3	3	$x^3 + 2x + 1, x^3 = x + 2$	2
9	4	$x^4 + x + 2, x^4 = 2x + 1$	3
5	2	$x^2 + x + 3, x^2 = 4x + 2$	1
7	2	$x^2 + x + 3, x^2 = 6x + 4$	1

Слід зазначити, що для отримання повнорозрядного КПП довжиною 2^P необхідно виконати операцію біт-стафінгу (вставки нуля) в кінці $P-1$ розрядної послідовності нулів прогенерованої M -послідовності, яка має довжину $2^P - 1$ і не відповідає повноті залишків простого поля Галуа.

Наприклад:

$$G_2^4 \Rightarrow G_{i+r} = G_i \oplus G_{i-3} \Rightarrow (1111010110010000);$$

$$G_2^{10} \Rightarrow G_i \oplus G_{i-9} \Rightarrow (11111111101010101011001...0000000000...);$$

$$G_3^3 \Rightarrow G_{i+1} = 2G_i \oplus G_{i-1} + 2G_{i-2} \Rightarrow (2221201011002111210202200001222).$$

Легко показати, що існують інверсні КПП, які утворюються шляхом інвертування кодів \bar{G}_i . Тобто для G_2^4 :

$$\bar{G}_2^4 \Rightarrow (0000101001101111).$$

Рекурентні властивості кодів базису Галуа дозволяють реалізувати вертикальну інформаційну технологію кодування чисел та представлення даних [3].

Вказана технологія забезпечує можливість інкрементного біт-орієнтованого формування інформаційних потоків, коли код двійкового числа базису Радемахера предсвляється одним бітом Галуа. Тобто нехай маємо код поля Галуа G_2^4 у вигляді послідовності $G_0, G_1, \dots, G_i, G_{15}$, кожному біту якої відповідає двійковий код базису Радемахера:

$$R \left\{ \begin{array}{l} G \{ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \} \\ \left[\begin{array}{cccccccccccccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \end{array} \right.$$

На основі вертикальної інформаційної технології кодування даних у базисі Галуа автором розроблена інтегрально-імпульсна технологія (ІТ) кодування вимірвальної інформації у базисі Галуа [3] (рис.3).

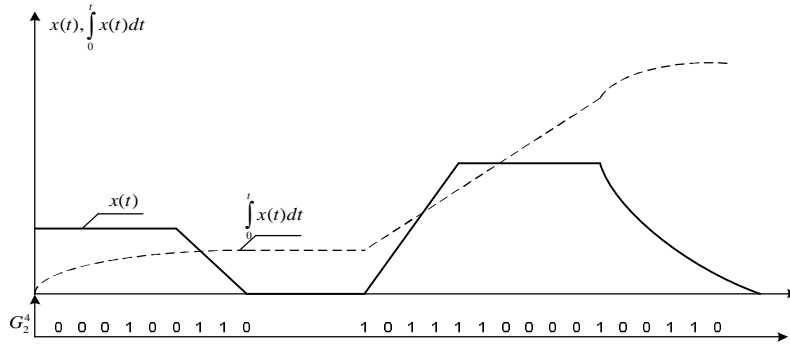


Рис. 3. Формування КПГ на основі інтегрально-імпульсної інформаційної технології у базисі Галуа

Як показано в роботі [3] ПТ має ряд переваг у порівнянні з традиційним кодуванням даних у базисі Радемахера наступного характеру:

- зменшення надлишковості вимірюваних даних, що реєструються та передаються по каналах зв'язку;
- відсутність необхідності інтегрування даних в задачах обчислення статистичних характеристик потоків інформації або визначення витрат енергоносіїв;
- можливість визначення миттєвих значень вимірюваних величин на основі різниць інтегралів або частоти формування бітів Галуа;
- висока завадозахищеність інформації за рахунок рекурентних властивостей кодів поля Галуа та можливість виявлення і виправлення помилок в інформаційних потоках.

Перераховані позитивні властивості кодів поля Галуа створюють перспективу їх ефективного застосування в задачах діагностування станів квазістаціонарних об'єктів та підвищення інформативності ЛСІМ.

Метод двохбітового кодування станів та діагностування об'єктів управління на основі базисних функцій Галуа нульового порядку

Слід визначити, що відомі широко застосовувані ЛСІМ-1-4 [7, 8] формують біт-орієнтовані потоки, які вразливі особливо в каналах зв'язку на ефекти стирання або вставок окремих бітів, що не дозволяє надійно ідентифікувати часові моменти виникнення передаварійних, аварійних та інших нештатних ситуацій на об'єктах контролю та управління.

В роботі [3] викладено застосування кодів поля Галуа для реєстрації та ідентифікації моментів зміни станів ОУ на основі базисних функцій Галуа нульового та першого порядку. Функціональним обмеженням даного способу кодування станів ОУ є відсутність інформації про апертуру ЛСІМ-1 [8].

Нами запропонований метод кодування ОУ та ідентифікації станів норми на основі двохбітових послідовностей Галуа вигляді інформаційного потоку:

$$\left\{ \begin{array}{cccccccccccccccc} G_i & G_i & G_i & \bar{G}_i & G_j & G_j & \dots & \bar{G}_j & \dots & G_k & G_k & \bar{G}_k \\ g_1 & g_2 & \dots & \dots & \bar{g}_i & \bar{g}_{i+1} & \dots & \dots & \dots & g_{n-2} & g_{n-1} & g_n \end{array} \right\},$$

де i, j, k – відповідні амплітудні стани ОУ; $\bar{G}_i, \bar{G}_j, \bar{G}_k$ – відповідні інтегровані біти рекурентних G – послідовностей Галуа з i, j, k – ключами, g_i – біт КПГ, який відображає моменти переходу ОУ за границі апертури (рис. 4).

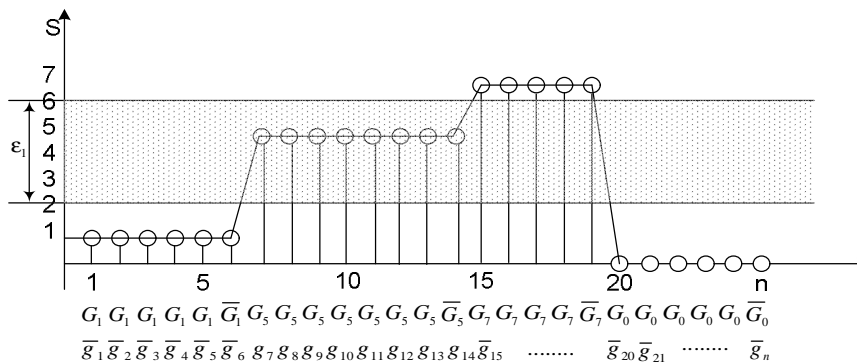


Рис. 4. Метод двохбітового кодування станів ОУ на основі обмежень апертури та базисних функцій Галуа нульового порядку

Розглянемо приклад двохбітового кодування станів ОУ для наступних дискретних параметрів станів:

- об'єм вибірки $n = 1024$;

- число ідентифікованих станів ОУ $S = 8$;
- розрядність ключів базисних функцій Галуа $k = 4$;
- розрядність кодів поля Галуа реєстрації ЛСІМ-1 $n = 10$.

В табл. 4 показано приклад формування двохбітових маніпульованих кодів полів Галуа, які кодують стани ОУ з врахуванням норми на фоні їх еталонних неманіпульованих послідовностей.

Таблиця 4

Коди поля Галуа		Неманіпульовані та маніпульовані коди поля Галуа																							
G_0^k, g_2^m	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...	n
g_2^{10}		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	...	0
G_2^n		1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	...	0
$G_{i,j,k}$		1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	...	x
g_n		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	...	1

Запропоноване рішення ідентифікації коду стану ОУ та кодів ЛСІМ-1 у базисі Галуа має практичне застосування коли ОУ переходить з одного стаціонарного стану в інший. Такими об'єктами є технологічні установки буріння та електроенергетики, а також об'єкти з циклічним та дискретним процесом виробництва.

Коли динаміка станів ОУ описується функціями першого порядку з постійними додатними чи від'ємними приростами аналогічно для діагностування станів та відхилень від норми ОУ використовують базисні функції Галуа першого порядку. На рис. 5 показана реалізація способу кодування станів такого класу ОУ в базисі Галуа.

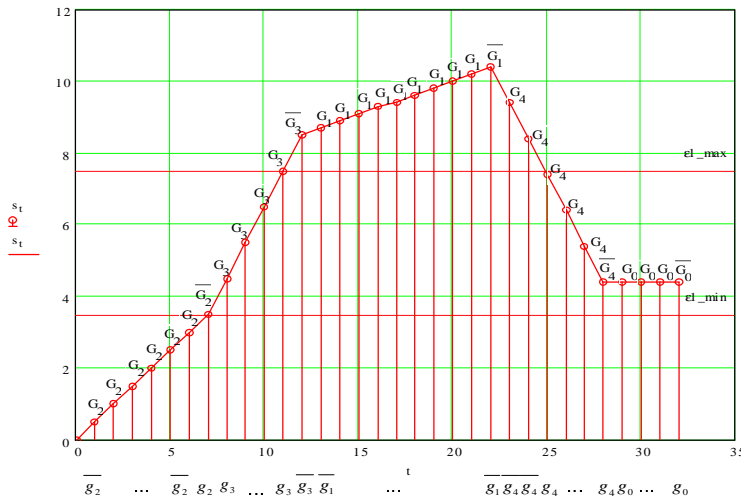


Рис. 5. Ідентифікація станів ОУ на основі базисних функцій Галуа першого порядку

Метод ідентифікації кластерних переходів на основі КПП

Важливим параметром ідентифікації відхилень від норми перед аварійних та аварійних нештатних переходів ОУ з S_j в S_g стани є їх кластеризація, що демонструє приклад на рис. 6.

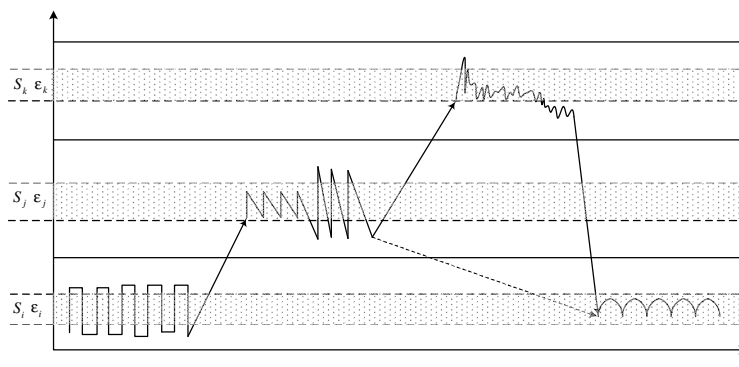
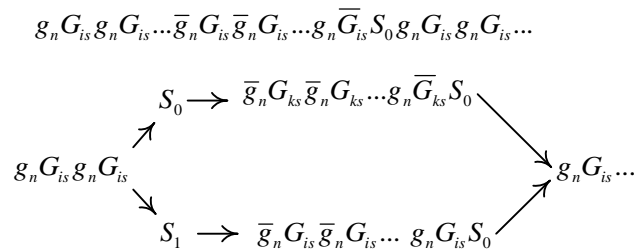


Рис. 6. Кластеризація станів квазістаціонарних ОУ в часі T

З рис. 6 видно, що в кластерах станів S_i, S_j, S_k , які групують певне їх число у кожному з них для квазістаціонарних ОУ повинні виконуватись оцінки ЛСІМ-1-5 згідно з e_i, e_j, e_k апертурами, а також контролюватися згідно з матрицею коефіцієнтів взаємкореляції $|P_{ij}|$ режимні штатні переходи $S_i \rightarrow S_j \vee S_k$, $S_j \rightarrow S_i \vee S_k$ та $S_k \rightarrow S_j \vee S_i$. Таким чином виникає необхідність розв'язання задачі відповідного синхронного кодування та ідентифікації відхилень від норми станів ОУ не тільки в межах кластера станів, а також появу нештатного переходу (на рис. 6 показано штрихпунктиром).

Застосування вертикальної інформаційної технології у базисі Галуа дозволяє реалізувати можливість компактного кодування даних на низовому рівні комп'ютеризованих систем. При цьому доцільно використати інтегровані біти $G_{i,jk}$, які реєструють початок процесів переходу ОУ з одного S_i -стану в інший S_j або S_k стани. Процес виявлення та реєстрації нештатного переходу ОУ з одного кластера стані у інший виконується шляхом порівняння факту даного переходу з відповідним коефіцієнтом кластерної матриці $|P_{ij}|$ згідно з умовою $P_{ij}^* > a$, де a задане в границях $0 \leq a \leq 1$.

Таким чином розроблений метод ідентифікації станів на основі інтегральної теорії у теоретико-числовому базисі Галуа необхідно функціонально розширити введенням додаткового біта "0" – норма, "1" – не норма, або групи бітів "00" – норма, "01" – відхилення, "10" – передаварія, "11" – аварія на границях переходів ОУ з одного кластера в інший. Тобто у результаті (рис. 6) отримуємо кодову послідовність Галуа наступного виду:



Даний метод при реалізації відповідними програмно-апаратними засобами дозволяє одночасно реєструвати та ідентифікувати відхилення від норми станів ОУ в границях окремого кластера згідно з перевіркою умов апертури e_i, e_j, e_k , а також реєструвати моменти часу, коли відбуваються події нештатних переходів з одного стану в інший. При цьому повинна вибиратися відповідна розрядність кодового ключа кодів поля Галуа g_n .

При реєстрації та відображенні станів ОУ в границях ергономіки сприйняття динаміки подій на дисплеї для оператора $t = 0.8 - 2.4$ с в границях однієї доби необхідно застосувати кодовий ключ Галуа з відповідною розрядністю 17 та 16 біт згідно з відповідними незвідними многочленами (табл. 4) [3] та кодовими ключами:

$$\Delta t = 0.8c; \quad x^{17} \oplus x^3 \oplus 1; \quad G_{i+1} = G_i \oplus G_{17}; \quad \Delta t = 2.4c; \quad x^{16} \oplus x^{12} \oplus x^3 \oplus x^1 \oplus 1; \\
 G_{i+1} = G_i \oplus G_{i-n} \oplus G_{i-13} \oplus G_{i-15}.$$

Висновок

Розроблений метод дозволяє більше ніж на порядок зменшити об'єми інформаційних потоків, які опрацьовуються комп'ютерами та серверами цехових рівнів, а також відповідно зменшити масиви інформації, які документуються в базах даних та базах знань.

Література

1. Петришин Л.Б. Цифровая обработка сигналов на основе преобразования кодов поля Галуа / Л.Б. Петришин, Я.М. Николайчук, С.М. Ищеряков // Методы и микроэлектронные средства цифровой обработки и преобразования сигналов. – Рига : ИЭВТ АН Латвии. – 1989. – С. 130–132.
2. Залмазон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Залмазон Л.А. – М. : Наука, 1989. – 496 с.
3. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації : [монографія] / Николайчук Я.М. – Тернопіль : ТНЕУ, Економічна думка, 2008. – 396 с.
4. Николайчук Я.М. Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем : [навчальний посібник] / Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р. – Тернопіль : ТзОВ «Терно-граф», 2010. – 392 с.
5. Бухштаб А.А. Теория чисел / Бухштаб А.А. – М. : Просвещение, 1966. – 384 с.
6. Алексеев В.Е. Основы информационных технологий. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений / Алексеев В.Е. – М. : Сов. Радио. – 1968. – 460 с.
7. Лучук М.А. Идентификация информационных состояний объектов исследования на основе

системы логико-статистических информационных моделей. / М.А. Лучук, Л.И. Жуган, Я.М. Николайчук, Б.М. Шевчук // Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР. – Киев, Препринт 88–45 ИК АН УССР. – 1988.

8. Андрушко І.В. Інформаційні технології побудови модифікацій амплітудної логіко-статистичної інформаційної моделі / І.В. Андрушко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. – Т. 2. – С. 140–146.

Рецензент: д.т.н. Горбійчук М.І.
Надійшла 8.2.2012 р.

УДК 621.395.664

А.А. ТАРАНЧУК, І.О. НЕЧИПОРУК, О.В. ПОМОРОВА
Хмельницький національний університет

ЕФЕКТ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЕХА В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ З ПАКЕТНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ІНФОРМАЦІЇ

Проведений аналіз причин виникнення ефекту електричного еха в мережах з пакетною комутацією каналів та надані рекомендації щодо його можливого усунення.

The analysis of origins of effect of an electric echo in networks with package channel switching is carried out, recommendations about its possible suppression are made.

Ключові слова: IP- телефонія; електричне ехо; пакетна передача; затримка сигналу

Вступ. Найбільш популярною на сьогодні технологією пакетної передачі інформації є передача мови по мережах пакетної комутації – концепція “Voice over IP” (VoIP) – з використанням алгоритмів низькошвидкісного кодування мовних сигналів. Сучасне поняття IP-телефонії містить у собі деяку системну сукупність технологій, що забезпечують організацію телефонних з'єднань із використанням протоколів пакетної передачі IP. Передача пакетів може бути здійснена по різних каналах і мережах. У найпростішому випадку для організації, наприклад, внутрішньої телефонної мережі може бути використана локальна обчислювальна мережа якогось підприємства; такий тип додатків прийнято називати LAN-телефонією. Для передачі телефонних повідомлень може бути використана глобальна мережа Інтернет, такий вид зв'язку прийнято називати Інтернет-телефонією [1].

Підключення абонентів до мереж IP-телефонії здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв, що одержали назву шлюзів, або з використанням спеціалізованих телефонних апаратів, що суміщають функцію шлюзів. У багатьох випадках у якості термінального пристрою IP-телефонії використовуються персональні комп'ютери, які працюють під керуванням спеціалізованого програмного забезпечення, у тому числі і ті, що використовують бездротове підключення до мережі.

Для передачі пакетів зазвичай використовується протокол RTP (Real-Time Transport Protocol) [2, 3], як правило, поверх UDP (рідко TCP), механізм реагування на зміни в мережі підтримується за допомогою протоколу RTCP (RTP Control Protocol). За замовчуванням довжина пакета встановлюється розраховуючи на тривалість відрізка мовного сигналу, рівною 20 мс. Мітки часу, передані у складі протоколу RTP, зазвичай використовуються для правильного відновлення мовного сигналу із прийнятих пакетів. Керування процесом установа з'єднань зазвичай здійснюється за протоколом SIP (Session Initiation Protocol) [4].

IP-телефонія є однією з областей передачі даних, де всі процеси передачі інформації повинні відбуватися в режимі реального часу й де особливо важлива динаміка передачі сигналу, яка забезпечується сучасними методами кодування й передачі інформації; у результаті збільшується пропускна здатність каналів у порівнянні із традиційними телефонними мережами.

Використання технології VoIP призводить до збільшення часу поширення сигналів навіть у відносно «коротких» каналах і, як наслідок, появи в них ехосигналів, які сильно впливають на якість IP-мережі. Виявлення причин виникнення ефекту електричного еха, а також пошук методів його придушення в телекомунікаційних мережах на теперішній час є одним з актуальних завдань.

Метою роботи є вивчення причин виникнення ефекту електричного еха в мережах з пакетною комутацією каналів та надання рекомендацій по його можливному усуненню.

Основний розділ

Одним з головних факторів, які впливають на якість IP-мережі, є затримка – проміжок часу, необхідний для передачі пакета через мережу. Затримка створює незручності при веденні діалогу, приводить до перекриття розмов і виникненню еха. Ехо – це витік голосу із тракту передачі в тракт приймання. Ехо стає важкою проблемою, коли затримка в петлі передачі більше, ніж 50 мс.

Ускладнення діалогу й перекриття розмов стають серйозним питанням якості, коли затримка в одному напрямку передачі перевищує 250 мс. Можна виділити наступні джерела затримки при пакетній передачі мови від одного абонента до другого (рис. 1) [5]:

- Затримка накопичення (іноді називається алгоритмічною затримкою): ця затримка обумовлена необхідністю збору кадру мовних відліків, виконувана в мовному кодері. Величина затримки визначається