

УДК 621.382(045)

¹Ю. Ю. Іляш, асп.,
²В. О. Горелов, канд. техн. наук.

АНАЛІЗ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ЗМЕНШЕННЯ НАДЛИШКОВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, yurchukil@gmail.com

Досліджено адаптивну систему зменшення надлишковості сигналів на основі часової прив'язки істотних відліків рекурсивними кодовими послідовностями Галуа шляхом визначення коефіцієнтів зменшення надлишковості інфопотоків при застосуванні методів передбачення нульового порядку. Подано результати досліджень, виявлено переваги та недоліки досліджуваної системи.

Ключові слова: адаптивні системи, зменшення надлишковості, рекурсивні кодові послідовності Галуа, коефіцієнт стиснення, передбачення, інтерполяція.

Вступ та постановка завдання. Інформаційні потоки можуть бути об'єктами теоретичних досліджень і практичного аналізу за наявності їх математичної моделі. Математичне подання дозволяє абстрагуватися від фізичної природи сигналу і матеріальної форми його носія, класифікувати сигнали, виконувати порівняння, установлювати ступінь тотожності або відмінності, моделювати системи обробки сигналів, досліджувати методи зменшення надлишковості.

В інформаційних системах використовують сигнали двох типів: взірцеві та вимірювальні.

Взірцеві сигнали використовують як тестові сигнали для перевірки працездатності, дослідження та налагодження інформаційних вимірювальних систем. Такі сигнали використовуються для дослідження ефективності АЦП, ЦАП, адаптивних систем зменшення надлишковості інформаційних потоків та інших пристроїв. Для дослідження інформаційних систем подають взірцеві сигнали на вхід системи та визначають її характеристики на основі вихідних сигналів [1].

До стандартних взірцевих сигналів, які широко використовуються в інформаційних системах, зокрема в діагностиці телевізійних відеосигналів у системах передачі даних, належать: сигнал пилоподібної форми, прямокутні сигнали, синусоквадратичні сигнали [2].

В інформаційних системах залежно від типу інформації (голосове повідомлення, фото чи телезображення, послідовність чисел, сигнали контролю і управління) формуються інформаційні потоки різного характеру. Відповідно до характеру джерела інформації та його статистичних характеристик визначають методи та засоби математичного подання інфопотоків. Залежно від типу оброблюваних даних визначають ефективні методи зменшення надлишковості, які орієнтовані на відповідні інфопотоки.

Метою цієї роботи є дослідження адаптивних систем зменшення надлишковості сигналів на основі часової прив'язки істотних відліків рекурсивними кодовими послідовностями Галуа та відомих адаптивних системах зменшення надлишковості інфопотоків. Основою досліджуваної адаптивної системи є апертурні методи зменшення надлишковості інформації. Авторами проаналізовано методи передбачення нульового порядку, які належать до апертурних адаптивних методів зменшення надлишковості інформаційних потоків.

Теоретична частина. Методи зменшення надлишковості передбачають попередню рівномірну дискретизацію інфопотоку. Зменшення надлишковості відбувається відкиданням тих відліків, які можуть бути відновлені за допомогою аналізу попередніх чи наступних відліків (передбачення та інтерполяція), або порівнянням з довільно вибраними базисними функціями чи коливаннями.

Методи передбачення використовують алгоритми, які дозволяють оцінити отриманий відлік на основі аналізу заздалегідь отриманих відліків. Якщо дійсне значення відліку відрізняється від передбачуваного на меншу величину, ніж максимально допустиме відхилення, то цей відлік відкидається, оскільки його можна відновити із заданою точністю. Найпростішою реалізацією поліномного передбачення є метод передбачення нульового порядку, в якому оцінка кожного наступного відліку чисельно дорівнює значенню попереднього відліку. Тому для передбачення наступних відліків достатньо пам'ятати значення останнього істотного відліку. Виокремлюють три алгоритми зменшення надлишковості на базі методу передбачення нульового порядку:

- з фіксованою апертурою (ПН-ФА);
- з плаваючою апертурою (ПН-ПА);
- з плаваючою апертурою зі зміщенням (ПН-ПАЗ) [3].

Тоді оцінювання ефективності адаптивної системи полягатиме у визначенні коефіцієнтів зменшення надлишковості інформації. За рівномірного квантування коефіцієнт визначають як відношення кількості відліків на вході і виході адаптивної системи зменшення надлишковості

$$k = n/n',$$

де n – кількість відліків на вході системи; n' – кількість відліків на виході системи.

Для визначення ефективності методів компресії доцільнішим є обчислення коефіцієнта зменшення надлишковості за числом двійкових одиниць, оскільки він враховує службову інформацію, необхідну для відновлення сигналу.

Для знаходження коефіцієнта за двійковими значеннями необхідно визначити обсяги сформованих повідомлень:

- без зменшення надлишковості

$$V_1 = n * \text{roundup}[\log_2 A]; \quad (1)$$

- у звичайних адаптивних системах зменшення надлишковості

$$V_2 = n' * (\text{roundup}[\log_2 A] + \text{roundup}[\log_2 n]), \quad (2)$$

де A – кількість рівнів квантування, $\text{roundup}[\]$ – функція округлення до більшого цілого.

Користуючись рекурсивними кодовими послідовностями Галуа, кожен мітку часу можна передати одним бітом, завдяки чому зменшити обсяг службової інформації у тих випадках, коли кількість істотних відліків становить $\left(\frac{n}{\text{roundup}[\log_2 n]} \right) / n \cdot 100$ від загальної кількості відліків. У цьому випадку обсяг сформованих повідомлень можна обчислити за формулою [4]:

$$V_3 = n' * (\text{roundup}[\log_2 A] + 1) + (n - n') = n' * \text{roundup}[\log_2 A] + n. \quad (3)$$

Результати практичних досліджень. Для дослідження ефективності адаптивних систем зменшення надлишковості інформативних потоків використано вимірювальні сигнали двох типів: пилоподібний та прямокутної форми, які використовуються в телеметричних системах. Математичне подання таких сигналів можна подати у вигляді:

$$f_a(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \left[H^{(1)}(t - 2mr) - H^{(1)}(t - (2m + 1)\tau) \right] \text{ – прямокутний сигнал;}$$

$$s(t) = \frac{2A}{T}(t - kT), \left(k - \frac{1}{2} \right) T < t \leq \left(k + \frac{1}{2} \right) T \text{ – пилоподібний сигнал,}$$

де $H^{(1)}(t)$ – функція Хевісайда; τ – тривалість одиничного імпульсу; A – амплітуда; T – період сигналу.

Для зручності обчислень доцільно подати сигнали у вигляді ряду Фур'є [5]:

$$f(t) = \frac{A}{q} + \sum_{k=1}^n \frac{2A}{\pi k} \sin\left(\frac{\pi k}{q}\right) \cos\left(\frac{2\pi k}{T}t\right) - \text{прямокутний сигнал};$$

$$f(t) = \frac{2A}{\pi} \sum_{k=1}^n (-1)^{k+1} \frac{1}{k} \sin\left(k \frac{2\pi}{T}t\right) - \text{пилоподібний сигнал},$$

де A – амплітуда; $\frac{1}{q}$ – коефіцієнт заповнення; T – період.

Залежність кількості істотних відліків від частоти дискретизації зображено на рис. 1. Для пилоподібного сигналу зі збільшенням частоти дискретизації для всіх трьох методів передбачення нульового порядку спостерігається підвищення кількості істотних відліків на 14 – 31 %. Збільшення частоти дискретизації призводить до збільшення надлишковості цифрового потоку, оскільки збільшується кількість неістотних відліків. Для прямокутного сигналу зі збільшенням частоти дискретизації також спостерігається збільшення кількості істотних відліків, але порівняно з пилоподібним сигналом динаміка збільшення становить 70 – 100 %. Для методу ПН-ПАЗ це зростання не постійне.

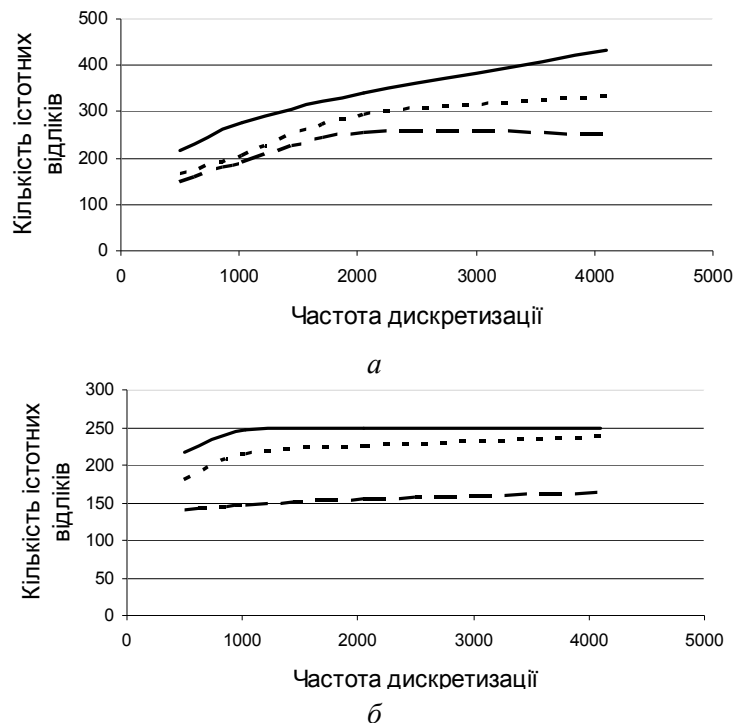


Рис. 1. Залежність частоти дискретизації до кількості істотних відліків:

a – прямокутний сигнал; b – пилоподібний сигнал:

— ПН-ФА; – ПН-ПА; - - - ПН-ПАЗ

Згідно з отриманими результатами найменшу кількість відліків, необхідних для відновлення сигналу, було отримано із застосуванням методу ПН-ПАЗ за максимально допустимого відхилення 1,5 %.

Таким чином, згідно з кількістю істотних відліків метод ПН-ПАЗ є ефективнішим за інші досліджувані методи і зі збільшенням частоти дискретизації динаміка збільшення кількості істотних відліків є найменшою і становить 14 % для пилоподібних сигналів та 70 % для сигналу прямокутної форми. Крім того, із застосуванням методу ПН-ПАЗ отримано кількість відліків на 15 – 40 % менша за ту кількість, яку отримано з використанням ПН-ФА і ПН-ПА.

Відповідно до кількості істотних відліків обчислено обсяги сформованих повідомлень згідно з виразами (1) – (3) за 8-бітового квантування, результати подано в табл. 1 для прямокутного сигналу та в табл. 2 для пилоподібного сигналу.

Таблиця 1

Обсяги сформованих повідомлень для прямокутного сигналу

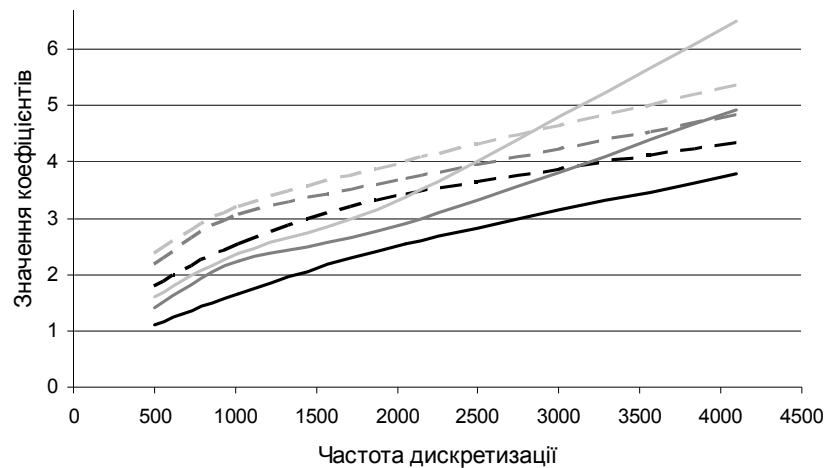
Після дискретизації	ПН-ФА	ПН-ФА_G	ПН-ПА	ПН-ПА_G	ПН-ПАз	ПН-ПАз_G
4016	3672	2230	2856	1846	2516	1686
8192	4968	3232	3672	2656	3456	2560
16384	6460	4768	5624	4416	4845	4088
32768	8640	7552	6640	6752	5040	6112

Таблиця 2

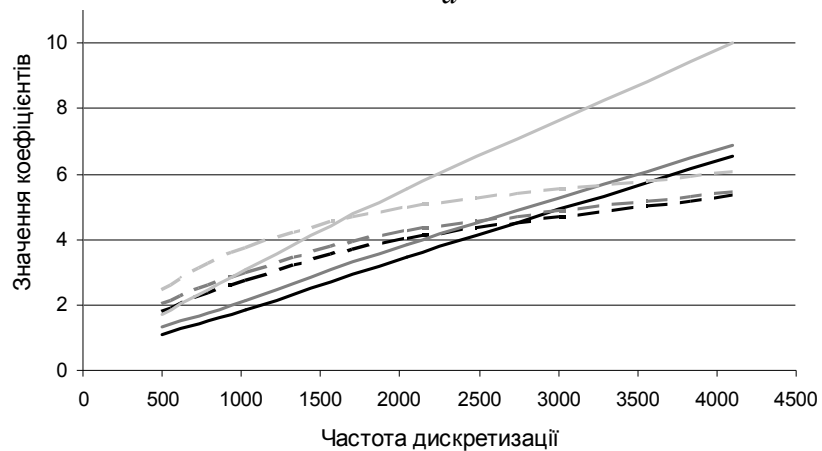
Обсяги сформованих повідомлень для пилоподібного сигналу

Після дискретизації	ПН-ФА	ПН-ФА_G	ПН-ПА	ПН-ПА_G	ПН-ПАз	ПН-ПАз_G
4016	3706	2246	3077	1950	2380	1622
8192	4428	2992	3870	2744	2646	2200
16384	4750	4048	4275	3848	2964	3296
32768	5000	6096	4760	6000	3280	5408

Визначено коефіцієнт зменшення надлишковості за двійковими одиницями та його залежність від величини дискретизації (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Залежність частоти дискретизації від значення коефіцієнта за числом двійкових одиниць:

а – прямокутний сигнал; б – пилоподібний сигнал: — — — ПН-ФА; — — — ПН-ФА_G;

— — — ПН-ПА; — — — ПН-ПА_G; — — — ПН-ПАз; — — — ПН-ПАз_G

Для сигналів прямокутної форми за дискретизації, наближеної до частоти Найквіста, адаптивні системи зменшення надлишковості інфопотоків на основі прив'язки істотних відліків рекурсивними кодовими послідовностями Галуа є ефективнішими, оскільки дозволяють формувати інформаційні потоки менших обсягів. Якщо зважати на простоту реалізації методів передбачення нульового порядку, то використання часової прив'язки істотних відліків рекурсивними кодовими послідовностями Галуа із застосуванням методу ПН-ФА є ефективнішою для будь-якої частоти дискретизації.

Для пилоподібних сигналів зі збільшенням частоти дискретизації коефіцієнт за двійковими одиницями в адаптивних системах зменшення надлишковості інфопотоків з прив'язкою Галуа дещо менший ніж у звичайних адаптивних системах. Це пояснюється особливістю визначення обсягу повідомлень та значною надлишковістю сигналу за високих частот дискретизації.

Надлишковість інфопотоків, яка вноситься в потік за великої кількості істотних відліків, ефективно усувають апертурні адаптивні методи зменшення надлишковості на базі методів передбачення нульового порядку.

Можливість відновлення сигналу в реальному часі, простота апаратної реалізації дає значну перевагу у використанні методів передбачення нульового порядку над іншими методами зменшення надлишковості інформації.

Висновки. Проведено аналіз відомих адаптивних систем зменшення надлишковості інфопотоків. Наведено результати аналізу методів передбачення нульового порядку із застосуванням до сигналів прямокутної та пилоподібної форми. Досліджено адаптивну систему зменшення надлишковості інфопотоків із часовою прив'язкою істотних відліків рекурсивними кодовими послідовностями Галуа до часу появи їх дискретів. Виявлено, що перевагою досліджуваної системи є формування менших обсягів формованих потоків даних. Спосіб формування службової інформації, яка вноситься в оброблюваний інфопотік, дозволяє отримати високі коефіцієнти зменшення надлишковості. Недоліком системи є формування службової інформації більших обсягів за малого відношення кількості істотних відліків до загальної кількості відліків.

Список літератури

1. Гутников В. С. Фильтрация измерительных сигналов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 192 с.
2. Гост 18471–83. Звенья тракта и измерительные сигналы. – М.: Гос. комитет по стандартам, 1984. – 80 с.
3. Чекмарев О. А. Адаптивные апертурные алгоритмы сжатия / О. А. Чекмарев, В. И. Гинзбург – В. кн.: Вопросы кибернетики. Задачи и методы адаптивного управления. – М.: 1981. – С. 148 – 169.
4. Петришин Л. Б. Теоретичні основи перетворення форми та цифрової обробки інформації в базисі Галуа: навч. посіб. – К.: ІЗіМН МОУ, 1997. – 237 с.
5. Лаврус В. С. Практика измерений в телевизионной технике. – К.: Нит, 1996. – 192 с.

Ю. Ю. Иляш, В. О. Горелов

Анализ адаптивных систем уменьшения избыточности информационных потоков

Проанализирована адаптивная система уменьшения избыточности сигналов на основе часовой привязки существенных отсчетов рекурсивными кодовыми последовательностями Галуа путем определения коэффициентов уменьшения избытка инфопотоков при применении методов предсказания нулевого порядка. Подано результати досліджень, представлені переваги та недоліки досліджуваної системи.

Y. Y. Ilyash, V. O. Goryelov

The adaptive systems' of data compression analysis

The adaptive systems of data compression are analysed in this article. Zero order prediction methods with based on Galua code sequences are research. The results of researches, advantages and lacks of the explored system are presented.