

Основи рекурсивного кодування даних

Петришин Л.Б.

Проф., д.т.н., зав. каф. інформатики, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка 57, м. Івано-Франківськ, Україна, petryshynL@gmail.com
²Проф., д.т.н., проф. каф. Операційних досліджень та інформаційних технологій,
Науково-технологічний університет AGH
просп. А.Міцкевича, 30, м. Краків, Польща, l.b.petryshyn@gmail.com

Анотація — Здійснено аналіз властивостей рекурсивних методів кодування. Побудовано системи функцій та відповідні їм поля кодових елементів для звичайного рекурсивного впорядкування. Розроблено метод розрідженого рекурсивного кодування, для якого синтезовано системи функцій та відповідні поля кодових елементів. Обґрунтовано властивості перетворення форми інформації в запропонованих системах кодування.

Ключові слова: перетворення форми інформації, кодування, рекурсивне, розріджене.

Fundamentals of recursive data coding

Petryshyn L.B.

Prof. of Department of Operation Research and Information Technologies,
AGH University of Science and Technology
al. Mickewicza, 30, Krakow 30-059, Poland, l.b.petryshyn@gmail.com
Prof., Head of Department of Computer Science, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
Shevchenko str., 57, Ivano-Frankivsk, Ukraine, l.b.petryshyn@gmail.com

Abstract — The analysis of the properties of recursive coding methods is done. The functions system and corresponding items code field is constructed for normal recursive ordering. The method of recursive rarefied coding is developed for which synthesized functions system and the related fields of code elements. Grounded properties of information form conversion in the proposed coding systems.

Keywords: Monte Carlo, analog-to-digital converter, pseudo-random number generator.

I. ВСТУП

Позиційні системи числення, які набули широкого застосування в сучасних інфосистемах внаслідок можливості виконання арифметичних обчислень, володіють низькою завадостійкістю, оскільки в їхніх кодових упорядкуваннях відсутня кореляційна залежність між кодовими елементами. В середині минулого століття набули застосування завадосіткі методи циклічного кодування в системах інфообміну, зокрема космічного [1]. Повна логічна взаємозалежність кодових елементів в таких послідовностях дозволила здійснити автоматичну корекцію помилок, а також інфообмін при значних рівнях завад, що перевищують рівень корисного сигналу [1, 2]. Логічний взаємозв'язок кодових елементів у послідовностях також став ключовим методичним чинником у зменшенні кількості повідомлень, інтенсивності інфообміну та навантаження на канали зв'язку. Конкуруюча техніко-економічна ефективність технічних засобів, побудованих на основі рекурсивних методів кодування зумовила актуальність досліджень у напрямку застосування таких методів для реалізації системних функцій перетворення форми інформації та цифрової обробки повідомлень [3]. Проте у виробництві технічних систем існує технологічна специфіка, яка часто обмежує впровадження нових

методів кодування та перетворення форми інформації, що зумовлює необхідність пошукувань та розробки нових методів кодування даних, які б задовольняли технологічні вимоги. Метою публікації є аналіз функціональних властивостей рекурсивних методів кодування повідомлень та презентація результатів розробки методів рекурсивного кодування із розширеними функціональними можливостями. Впровадження розроблених методів кодування дозволить імплементувати інфосистеми із конкуруючими техніко-економічними характеристиками. Здійснено аналіз теоретичних засад основних методів рекурсивного кодування.

II. ОСНОВИ РЕКУРСИВНОГО КОДУВАННЯ

Базовою в класі є рекурсивна кодова система з елементарним рекурсивним впорядкуванням кодових елементів, дискретні базисні функції якої породжуються із рекурсивно упорядкованого базису Уолша (рис. 1) [4].

$$|G| = |W_G| |A|, \quad (1)$$

де G - породжуюча матриця розмірності $N \times n$ системи числення Галуа; W_G - матриця розмірності $N \times N$ рекурсивно упорядкованих функцій Уолша;

A - матриця розмірності $N \times n$ вагової екстракції розрядних стовпців Галуа.

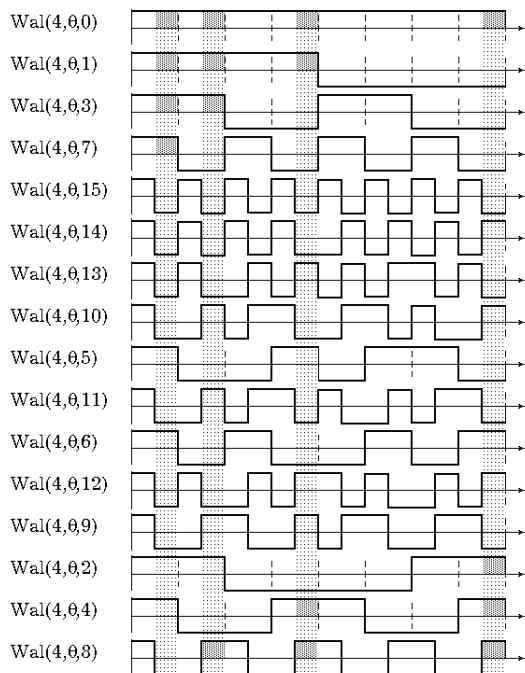


Рисунок 1 Базис функцій Уолша.

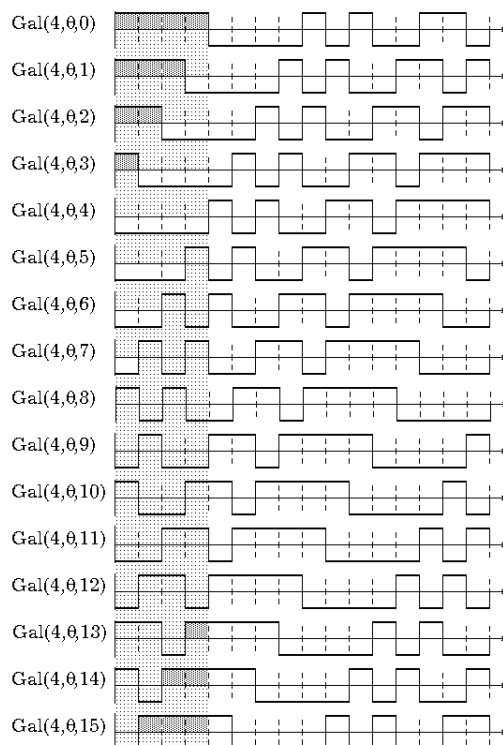


Рисунок 2 Функції Галуа із рекурсивним впорядкуванням.

Повний набір замкнутих функцій т.з. Галуа (рис. 2), в кільцях довжини N отримуємо процедурою рекурсивного розширення по визначеному вектору породжуючої матриці, згідно якого впорядковані функції Уолша (1) [5].

Переходячи від системи з певним векторним рекурсивним впорядкуванням функцій Галуа до матриці теоретико-числових перетворень, отримуємо повне поле кодових елементів Галуа розмірності $N \times N$, упорядкованих із поелементним рекурсивним зсувом згідно симетричної діагоналі матриці (рис. 3), замкнуте в абстрактний кодовий циліндр висотою N та довжиною кола основи N .

Кожному із номерів по лінійках, який визначається як поточне повідомлення, в базисі кодового поля відповідає вектор-лінійка розмірності $1 \times N$ кодових елементів. Проте, очевидна значна надлишковість у розмірності N -розрядних векторів, що зумовлена рекурсивною упаковкою. Однозначно визначається поточний номер i повідомлення із N в матриці розмірності $N \times N$ згідно Шеннона вектором розмірності n , що виникає із виразу

Кодове поле звужується до розмірності $N \times n$, приклад якого зображений на рис. 3, тобто висота абстрактного кодового циліндра зменшується із N до n при тій же довжині кола основи N . Дана матриця є прямим відображенням паралельної рекурсивної кодової системи Галуа, де кожне i -те повідомлення із N представляється паралельним n -розрядним фрагментом кодових елементів, розташованих по твірній абстрактного кодового циліндру.

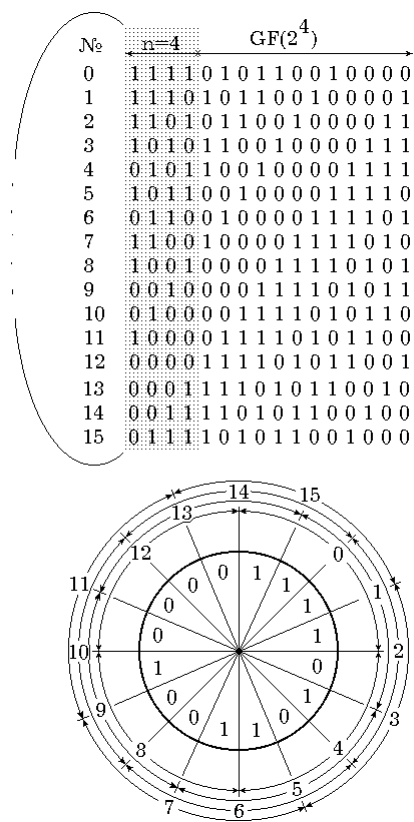


Рисунок 3 Поле кодових елементів Галуа.

Проте, часто в засобах обчислювальної техніки, а найчастіше в засобах перетворення форми

інформації та інфообміну, повідомлення намагаються, за можливості, подати у послідовному форматі, що уможливує процедуру запам'ятовування порядку та характеру слідування кодів елементів. Внаслідок рекурсивного впорядкування елементів кодової системи Галуа вперше виникає можливість переходу від паралельних векторних до вертикальних біторієнтованих інформаційних технологій перетворення форми та цифрової обробки даних [2, 4, 5]. Переупорядкування паралельних векторів у вертикальні, що можливо тільки за умови рекурсивного упорядкування, дозволяє здійснити однозначну ідентифікацію номера повідомлення i із множини N довільною матрицею-стовпцем розмірності $N \times 1$ кодівих елементів із повної матриці кодівих елементів Галуа розмірності $N \times N$, тобто визначеного початковим вектором нуль-прив'язки січенням абстрактного кодового циліндра у вигляді кільця довжиною N . Вибір матриці-стовпця може бути довільним із набору розмірності $N \times 1$ і зумовлений тільки значеннями вектора нуль-прив'язки та всіх решти n -розрядних кодівих фрагментів послідовності довжини N , тобто вихідний породжуючий абстрактний циліндр розмірності $N \times n$ можна сікти із вилученням довільного кодового кільця Галуа, згідно якого здійснено нуль-прив'язку та розгортку кодівих елементів Галуа. Оскільки система числення Галуа непозиційна, то особливих вимог щодо нуль-прив'язки не існує, і вона частіше всього визначається, виходячи із технічних умов реалізації перетворювача форми інформації. У наведеному прикладі для поля $GF(2^4)$ нуль-прив'язка здійснена до векторів 1111 (рис. 4) та 0000 (рис. 5), і зумовлена специфікою щодо простоти перезапуску на 0-позицію технічних засобів формування та перетворення інформації.

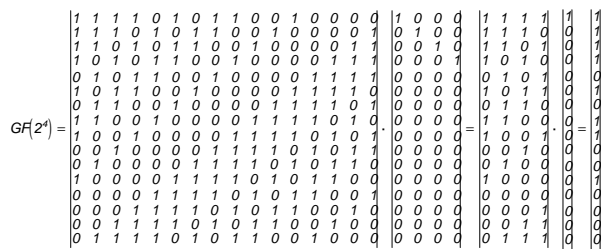


Рисунок 4 Матричне породження кодового впорядкування з нуль-прив'язкою до вектора 1111.

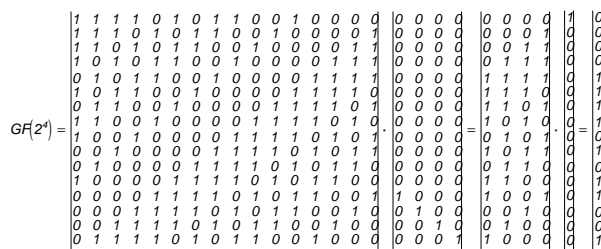


Рисунок 5 Матричне породження кодового впорядкування з нуль-прив'язкою до вектора 0000.

В якості прикладу на рис. 3 зображено поле $GF(2^4)$, породжене вектором 10011, в якому виділено n -розрядні кодові фрагменти, що утворені внаслідок рекурсивного зсуву на один дискрет породжуючого кодового кільця $GR(2^4)$. Нуль- та розрядна прив'язка здійснені до вектора 1111 та зображені в нижній частині рисунка.

III. РОЗРІДЖЕНА РЕКУРСИВНА СИСТЕМА КОДУВАННЯ

Іноді при технічній реалізації засобів перетворення форми інформації виникають труднощі при зчитуванні кодівих шкал лінійного та кутового переміщення [6], що зумовило необхідність розробки нових впорядкувань функцій Галуа із розрідженням кодівих елементів. Вперше розроблена та досліджена кодова система Галуа із розрідженим впорядкуванням. На рис. 6 наведено систему функцій Галуа із розрідженим на 2 впорядкуванням, який породжує розріджену кодову систему Галуа, паралельне представлення породжуючої матриці якої приведено на рис. 7.

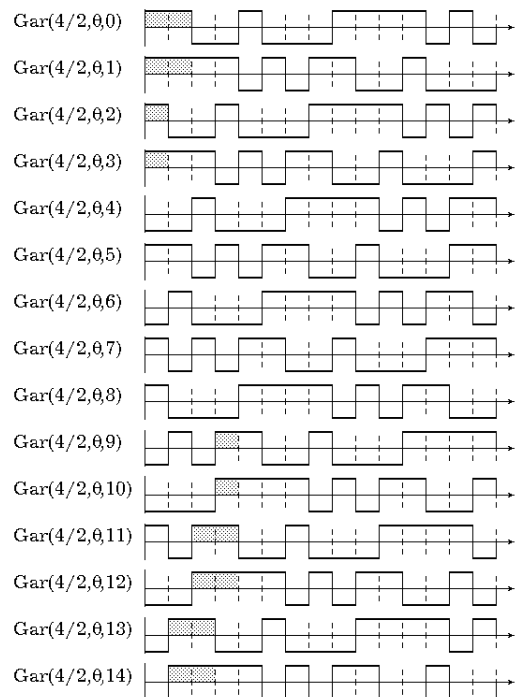


Рисунок 6 Функції Галуа із розрідженим на 2 впорядкуванням.

Необхідно відмітити специфіку впорядкувань функцій Галуа. На рис. 6 та 7 зображено функції послідовностей по повному модулю $N=2^n$, які синтезовані рекурсивно із штучною добавкою n -го значущого елемента, в прикладі - нуля, в $n-1$ -розрядному фрагменті із тих же значущих елементів, в прикладі - нулів формату $n-1$. Однак, дана процедура призводить до виродження базисних функцій при їх поданні із розрідженням, що представляється як фазовий розрив між функціями із парними та непарними номерами. Ліквідується даний недолік процедурою звичайного рекурсивного

породження без доповнення неповного однорідного n - l -розрядного кодового фрагменту.

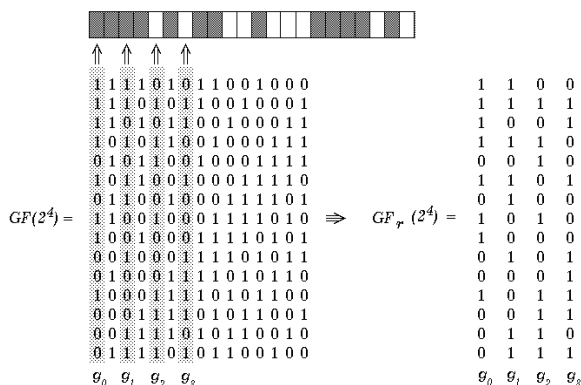


Рисунок 7 Розріджена рекурсивна кодова система.

На рис. 6 зображена узгоджена система за модулем поля $N=2^4-1=15$ та коефіцієнтом розрідження $v=2$. Даний базис функцій Галуа є вихідним для матриці розрідженої кодової системи, паралельне подання якої та принцип генерування наведено на рис. 7.

Принцип розрідження в представленні абстрактними числовими просторами можна сформулювати як екстракцію із абстрактного циліндра поля Галуа довжиною N та висотою n паралельних кодових векторів, розташованих по твірних, причому, кожне із абстрактних числових кілець $GR(2^4)$ в циліндрі подано із взаємним міжрозрядним фазовим зсувом на число кроків, визначеним коефіцієнтом розрідження. На рис. 7 твірні абстрактного числового циліндра розмірності $N \times n$ подані затемненою областю, яка є розгорткою абстрактного циліндра із розривом по твірній на межі перед нуль-вектором. Більш наочний алгоритм породження поля із дискретним розрідженням можна показати як сканування кільця Галуа $GR(2^4)$ із порозрядною екстракцією кодових елементів поля з кроком розрідження, визначеним коефіцієнтом v .

Окремим випадком розрідження кодових елементів є впорядкування із коефіцієнтом розрідження $v=n$. Цей випадок завжди вимагає значення модуля поля $N=2^n-1$, так як поле розмірності $N=2^n$ в більшості випадків вироджується внаслідок кратності N та n .

IV. ВИСНОВКИ

Методи кодування на основі позиційних систем числення, зокрема на основі двійкової, що сьогодні посідають домінуюче застосування в певному ступені досягнули межі екстенсивного розвитку функціональних можливостей та практичного застосування. Здійснений аналіз сучасного рівня напрямків перспективних напрямків досліджень в теорії кодування дозволив визначити, що однією із перспективних віток є застосування методів кодування із рекурсивним впорядкуванням кодових елементів, яке дозволяє зменшити інтенсивність інфопотоків та здійснити завадозахищений розподілений інфообмін в мережах. Результати досліджень показали також конкуруючу техніко-економічну ефективність застосування рекурсивного кодування в перетворенні форми інформації та цифровій обробці повідомлень. Вперше введено та визначено властивості рекурсивного методу розрідженого кодування, який дозволив побудувати засоби перетворення форми інформації із розширеними функціональними можливостями. Наведені результати дозволили визначити напрямки перспективних досліджень з метою опрацювання конкурентноздатних методів та компонентів перетворення форми інформації комп'ютеризованих інформаційних систем.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Huffman W.C., Pless V. Fundamentals of Error-Correcting Codes. Cambridge University Press. 2003. – 646 p.
- [2] Петришин Л.Б., Петришин М.Л. Теоретичні та методичні основи формування рекурсивних кодових послідовностей. // Системи Обробки Інформації. –Харків: ХУПС, 2014. – С. 12-19.
- [3] Петришин Л.Б. Теоретичні основи перетворення форми та цифрової обробки інформації в базисі Галуа. – Київ: ІЗіМН МОУ, 1997, - 237 с.
- [4] Петришин Л.Б., Петришин М.Л. Синтез системи дискретних рекурсивних функцій и свойства систем рекурсивного кодирования данных. Системи Обробки Інформації. –Харків: ХУПС, 2013. (AGH+PNU). – С. 46-51.
- [5] Petryshyn L.B. Recursive error-corrected coding of number-impulse data sources in telecommunication systems. 2013 23th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2013). Sevastopol, 2013, pp. - 547-548.
- [6] Petryshyn L. B., Borysenko O. A. Rarefied recursive positioning of scanning objects in radar systems. 2014 24th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2014). Sevastopol, 2014, pp. -1135-1136.