

УДК 004.75

В.В. Яцків, канд. техн. наук, доц.,
Терноп. нац. екон. ун-т

МЕТОД ТА ПРИСТРІЙ КОДУВАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ

В.В. Яцків. Метод та пристрій кодування мультимедійних даних на основі системи залишкових класів. Розроблено пристрій кодування мультимедійних даних в системі залишкових класів з використанням п'яти інформаційних та двох контрольних основ, що дозволяє виправляти помилки в блоках даних по будь-якій з основ. Запропоновано передавати залишки по кожній з основ окремими пакетами, що дозволяє відновлювати повідомлення при втраті чи спотворенні залишків по одній з основ.

Ключові слова: безпроводні сенсорні мережі; мультимедійні дані; система залишкових класів; кодування даних.

В.В. Яцкив. Метод и устройство кодирования мультимедийных данных на основе системы остаточных классов. Разработано устройство кодирования мультимедийных данных в системе остаточных классов с использованием пяти информационных и двух контрольных оснований, что позволяет исправлять ошибки в блоках данных по одному из оснований. Предложено передавать остатки по каждому из оснований отдельными пакетами, что позволяет восстанавливать сообщения при потере или искажении остатков по одному из оснований.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети; мультимедийные данные; система остаточных классов; кодирование данных.

V.V. Yatskiv. Method and device coding of multimedia data on the basis of residue number systems. The device for multimedia data coding in Residue Number System with the five informational basics and two check basics, that allows to correct mistakes in data blocks is developed. It is proposed to transmit the residues of the each of basics in separate packets, that permits to reconstruct information even the residues of one of the basics are lost or corrupted.

Keywords: wireless sensor networks, multimedia data, residue number systems, data coding.

Прогрес в області мікроелектроніки та використання ефективних безпроводних комунікаційних технологій привів до розробки та впровадження нового класу розподілених комп'ютерних систем — безпроводних сенсорних мереж (БСМ) [1, 2]. Безпроводна сенсорна мережа – це розподілена, самоорганізована мережа сенсорів та виконавчих пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Область покриття даної мережі може становити від декількох метрів до декількох кілометрів за рахунок здатності ретрансляції повідомлень від одного вузла до іншого. Вузлами БСМ є малогабаритні пристрої, що виконують одночасно обчислювальні, комунікаційні та вимірювальні функції. Безпроводні сенсори являють собою модуль, до складу якого входить: процесор (мікроконтроллер), пам'ять, радіочастотний трансівер, сенсори фізичних параметрів і джерело живлення.

Перспективним напрямком розвитку БСМ стали безпроводні мультимедійні сенсорні мережі (БМСМ) здатні збирати аудіо, відео, зображення а також скалярні дані сенсорів.

Впровадження БМСМ обмежується необхідністю вирішення низки проблем, зокрема, оптимізації алгоритмів кодування, оброблення і передавання даних, підвищення надійності передавання даних, розробки архітектури з низьким енергоспоживанням і масштабованістю, збільшення часу роботи безпроводних вузлів від автономного джерела живлення, самоорганізації великої кількості сенсорів і ін. [3, 4]. При передаванні мультимедійних даних в безпроводних сенсорних мережах необхідно враховувати обмеження пропускнуої здатності каналів зв'язку та обсягу пам'яті безпроводного модуля. Передавання зображення без стиснення може бути реалізована при наявності в камері внутрішньої пам'яті. При цьому необхідно

враховувати тільки обмеження пропускної здатності каналів зв'язку.

Мультимедійні дані також чутливі до втрати пакетів, зокрема втрата невеликої частини даних зображення призводить до відкидання всього зображення або до різкого зниження якості зображення. Враховуючи обмежений розмір поля даних структури протоколів БСМ, мультимедійний контент розділяється на велику кількість пакетів, які не повинні бути втрачені або спотворені в процесі їх передавання, для відновлення зображення.

Існуючі методи стиснення та формати зберігання мультимедійного контенту не є стійкі до впливу завад, які виникають в безпроводних каналах зв'язку і приводять до спотворення даних. Спотворення одного біту стиснутих даних унеможливує відновлення всього повідомлення (зображення). Отже, мережевий протокол повинен забезпечити надійну передачу пакетів, з урахуванням характеристик мультимедійного контенту та типу завад.

В БСМ для виявлення помилок використовують CRC (Cyclic Redundancy Check) коди, поліном $G16(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, які забезпечують виявлення однократних помилок з імовірністю 100 %, а іншу кількість помилок з імовірністю $P = (1 - 2^{(-n)})$, де n — кількість розрядів контрольної суми [9].

У БСМ при виявленні помилок відбувається повторна передача пакета даних, що приводить до зменшення корисної пропускної здатності і збільшення енергоспоживання.

Для підвищення надійності роботи БСМ використовують коректуючі коди з виявленням помилок та повторним передаванням спотворених пакетів. Однак, враховуючи значні енергозатрати на передавання даних (до 70 %) та автономне живлення БСМ, більш доцільним є використанням коректуючих кодів здатних виявляти та виправляти помилки в приймальному пристрої [6].

В роботі для підвищення надійності передавання мультимедійних даних запропоновано використати коректуючі коди системи залишкових класів, які забезпечують виявлення і виправлення помилок в блоці даних та адаптивну зміну коректуючих можливостей.

Однією із найважливіших непозиційних систем є система залишкових класів (СЗК), основами якої є сукупність цілих додатних чисел [5]

$$p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n \quad (1)$$

і будь яке число в діапазоні $\left(0, P = \prod_{i=1}^n p_i\right)$ представляється залишками по кожній з основ

$$A = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n), \quad (2)$$

$$\text{де } b_i = A - \left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor \cdot p_i, \quad (i = \overline{1, n}).$$

Умовою однозначного представлення (2) є взаємна простота p_i .

Представлення даних в системі залишкових класів використаємо для декомпозиційної передачі даних в БСМ.

Нехай необхідно передати масив даних A_1, A_2, \dots, A_n . Даний масив в СЗК буде мати вигляд:

$$A_1 = (b_1^1, b_2^1, \dots, b_i^1, \dots, b_n^1, b_k^1),$$

$$A_2 = (b_1^2, b_2^2, \dots, b_i^2, \dots, b_n^2, b_k^2),$$

$$A_j = (b_1^j, b_2^j, \dots, b_i^j, \dots, b_n^j, b_k^j),$$

$$A_k = (b_1^h, b_2^h, \dots, b_i^h, \dots, b_n^h, b_k^h).$$

Декомпозиція полягає в тому, що залишки по відповідних основах передаються стовпцями, тобто в наступній послідовності:

$$(b_1^1, b_1^2, \dots, b_1^h), (b_2^1, \dots, b_2^h), (b_n^1, \dots, b_n^h), (b_k^1, \dots, b_k^1).$$

При такій організації передавання даних, пакет помилок, довжина якого не перевищує S може вплинути на дані по одній основі, або по сусідніх основах при умові, що пакети передаються послідовно.

Іншою перевагою такої організації передавання даних є можливість використання багатопольової маршрутизації, при якій масиви залишків по різних основах передаються паралельно по різних маршрутах [6].

Для виявлення і виправлення однократних помилок (помилки по одній основі) до вибраної системи основ $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ введемо додаткові контрольні основи $P_{n+2} > P_{n+1} > P_n$ [5].

При спотворенні залишків по одній основі

$$(b_1^1, b_1^2, \dots, b_1^h), (b_2^{1*}, b_2^{2*}, \dots, b_2^{h*}), (b_n^1, \dots, b_n^h), (b_k^1, \dots, b_k^1),$$

де b_i^{j*} — спотворені залишки з по i -ій основі, при декодуванні

$$A_1 = (b_1^1, b_2^{1*}, \dots, b_i^{1*}, \dots, b_n^1, b_k^1),$$

$$A_2 = (b_1^2, b_2^{2*}, \dots, b_i^{2*}, \dots, b_n^2, b_k^2),$$

$$A_j = (b_1^j, b_2^{j*}, \dots, b_i^{j*}, \dots, b_n^j, b_k^j),$$

$$A_k = (b_1^h, b_2^{h*}, \dots, b_i^{h*}, \dots, b_n^h, b_k^h),$$

спотворені помилками залишки будуть в різних повідомленнях, що забезпечить їх однозначне виправлення за допомогою введених двох контрольних основ.

Для забезпечення необхідної швидкодії, перетворення мультимедійних даних в систему залишкових класів реалізовано апаратно, у вигляді окремого пристрою (кодера) на програмованій логічній інтегральній схемі (ПЛІС) [7]. Структурна схема розробленого пристрою зображена на рис. 1.

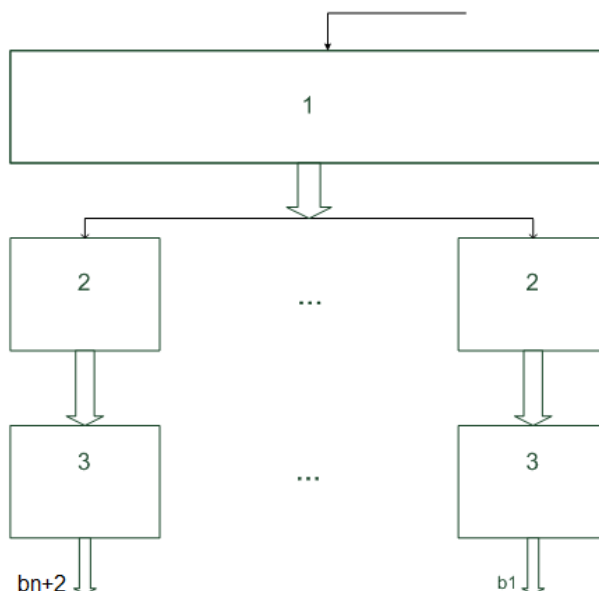


Рис. 1. Структурна схема пристрою: 1 — вхідний регістр; 2 — неповні шифратори; 3 — пірамідальні суматори по заданому модулю

Пристрій працює наступним чином. Двійковий код зображення, який підлягає перетворенню поступає на вхідний регістр 1, з виходу регістра паралельний двійковий код поступає на входи неповних шифраторів (рис. 2), при наявності в j розряді двійкового коду одиниці на виході шифратора 2 формується значення $c_{ij} = (2^j) \bmod p_i$, де p_i — основа системи числення, $i = \overline{1, n+2}$, n — кількість основ, з виходу неповних шифраторів значення c_{ij} поступають на вхід пірамідальних суматорів (рис. 3), які працюють по основах p_i . На виходах пірамідальних суматорів формується код системи залишкових класів по заданих модулях.

Структурна схема неповного шифратора описується системою логічних рівнянь (рис. 2):

$$f_{i0}[0] = a_0 \wedge c_0;$$

...

$$f_{i0}[m_i..0] = a_j \wedge (c_m \vee \dots \vee c_1 \vee c_0),$$

де m_i — розрядність i -ї основи, $m_i = \lceil \log_2 p_i \rceil$;

c_i — двійкові код коефіцієнтів;

a_j — значення j -го розряду двійкового числа.

Додавання залишків по заданих модулях p_i здійснюється в пірамідальному суматорі (рис. 3).

Для перетворення 24-бітного двійкового коду зображення в код СЗК виберемо наступні взаємопрості основи: $p_1 = 7$, $p_2 = 23$, $p_3 = 29$, $p_4 = 59$, $p_5 = 61$, $p_6 = 127$, $p_7 = 251$, з яких

$p_1 \dots p_5$ — інформаційні, p_6 і p_7 — контрольні.

Вузол безпроводної мультимедійної сенсорної мережі складається з VGA модуля, кодера та радіо модуля (рис. 4).

В якості відеосенсора вибрана камера С1098 фірми COmedia. На виході VGA модуля формується файл JPEG формату, що дозволяє передавати стиснуте зображення в JPEG форматі. Передача зображення відбувається через послідовний порт. По команді керуючого пристрою, камера проводить захоплення зображення, після цього зображення стискається в JPEG формат і передається на кодер.

Особливості VGA модуля С1098: низьке енергоспоживання — 60 мА, напруга живлення — 3,3 В; UART інтерфейс зі швидкістю до 460,8 Кбіт/с; різні варіанти лінз; компактний розмір: 20×28 мм [8].

Кодер виконує перетворення двійкового коду зображення в код системи залишкових класів з використанням розширеної системи

модулів, що дозволяє виявляти та виправляти помилки. Кодер реалізований на CPLD фірми ALTERA, серії MAX-II мікросхема EPM240T100C5.

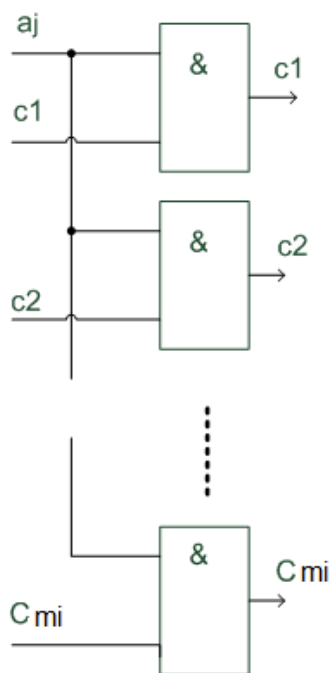


Рис. 2. Структурна схема неповного шифратора

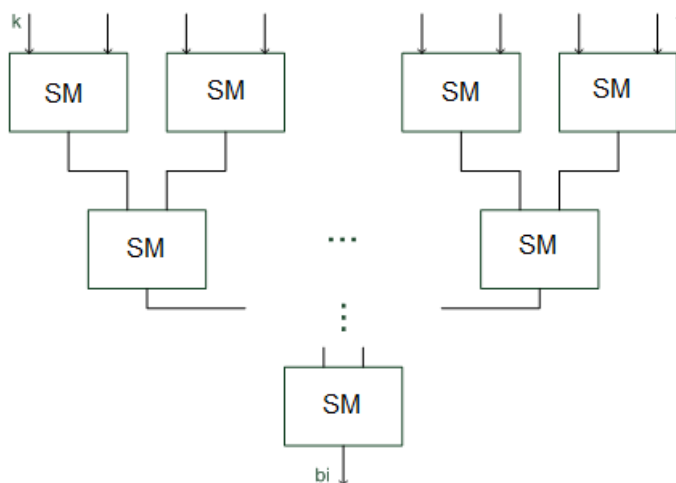


Рис. 3. Структурна схема пірамідального суматора: SM — суматор по модулю p_i ; b_i — залишок по модулю p_i

В якості безпроводних модулів використані модулі JN5148 фірми Jennic (рис. 4). Це високопродуктивний безпроводний мікроконтролер (МК) орієнтований на роботу з мережевими додатками ZigBee PRO [9]. До складу МК входить 32-розрядний RISC-процесор з високою швидкістю, пріоритетною обробкою переривань і програмно регульованою тактовою частотою. Також МК включає 2.4 ГГц прийомопередавач за стандартом IEEE802.15.4, 256 КБ ПЗП, 256 КБ ОЗП, широкий вибір інтерфейсів для підключення аналогових та цифрових периферійних пристроїв.



Рис. 4. Схема мультимедійного вузла БСМ

Розроблений пристрій кодування зображення в СЗК та формування коректуючих кодів, забезпечує високу швидкість, за рахунок використання неповних шифраторів і пірамідальних суматорів за відповідними основами. Пристрій реалізований на мікросхемі EP240T100C5 фірми ALTERA, час перетворення 24-бітного двійкового коду становить 16 нс, відповідно час перетворення одного кадру зображення (640×480) приблизно дорівнює 5 мс.

Розроблений метод кодування мультимедійних даних (на прикладі зображень) в системі залишкових класів можна використовувати як для стиснутих даних (формат jpg та ін.), так і зображень представлених в різних кольорових моделях, наприклад: RGB, YCbCr та інших.

Література

1. Akyildiz, I.F. Wireless sensor networks: a survey / I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci // Computer Networks. — Vol. 38, Iss. 4. — 2002. — P. 393 — 422.
2. Yick, J. Wireless sensor network survey / J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal // Computer Networks. — Vol. 52, Iss. 12. — 2008. — P. 2292 — 2330.

3. Akyildiz, I.F. Wireless multimedia sensor networks: applications and testbeds / I. F. Akyildiz, T. Melodia, K.R. Chowdury // *Proceedings of the IEEE*. — Vol. 96, No 10. — 2008. — P. 1588 — 1605.
4. Baronti, P. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards / P.Baronti, P.Pillai, V.Chook, S.Chessa, A.Gotta, Y. Hu // *Computer Communications*. — Vol. 30, Issue 7, *Wired/Wireless Internet Communications*. — 2007. — P. 1655 — 1695.
5. Червяков, Н. И. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем / [Н. И. Червяков, П. А. Сахнюк, А. В. Шапошников, С. А. Ряднов]. Под редакцией Н.И. Червякова. — М.: Физматлит. — 2003. — 288 с.
6. Yatskiv, V. Improved Data Communication in WSN Using Modular Arithmetic / V. Yatskiv, A. Sachenko, N. Yatskiv // *Wireless Communication and Information: Car to car, Sensor Networks and Location Based Services* HTW-University of Applied Sciences Berlin. Berlin. — 2010. — P. 39 — 49.
7. Яцків, В.В. Пристрій для перетворення паралельного двійкового коду в код системи залишкових класів / В.В. Яцків, А.О. Саченко, Су Цзюнь // *UA 75137 U*. Опубліковано в Бюл. № 22, 26.11.2012.
8. Macedo-Cruz, A. Digital image sensor-based assessment of the status of Oat (*Avena sativa* L.) Crops after frost damage / A. Macedo-Cruz, G. Pajares, M. Santos, I. Villegas-Romero // *Sensors*. — 2011. — № 11 — P. 6015 — 6036.
9. ZigBee Alliance. IEEE 802.15.4, ZigBee Standard. [Electronic resource]: <http://www.zigbee.org>. — 13.12.12.

References

1. Akyildiz, I.F. Wireless sensor networks: a survey / I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci // *Computer Networks*. — Vol. 38, Iss. 4. — 2002. — pp. 393 — 422.
2. Yick, J. Wireless sensor network survey / J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal // *Computer Networks*. — Vol. 52, Iss. 12. — 2008. — pp. 2292 — 2330.
3. Akyildiz, I.F. Wireless multimedia sensor networks: applications and testbeds / I.F. Akyildiz, T. Melodia, K.R. Chowdury // *Proceedings of the IEEE*. — Vol. 96, No. 10. — 2008. — pp. 1588 — 1605.
4. Baronti, P. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards / P.Baronti, P.Pillai, V.Chook, S.Chessa, A.Gotta, Y. Hu // *Computer Communications*. — Vol. 30, Issue 7, *Wired/Wireless Internet Communications*. — 2007. — pp. 1655 — 1695.
5. Chervyakov, N.I. Modulyarni paralelni obchyslyvalni struktury neyroprotsessornykh system [Modular Parallel Computing Structures of Neuro Processing System] / N.I. Chervyakov, P.A. Sakhnyuk, A.V. Shaposhnikov, S.A. Ryadnov. Edited by N. I. Chervyakov. — Moscow. — 2003. — 288 p.
6. Yatskiv V. Improved Data Communication in WSN Using Modular Arithmetic /V.Yatskiv, A.Sachenko, N.Yatskiv // *Wireless Communication and Information: Car to car, Sensor Networks and Location Based Services* HTW-University of Applied Sciences Berlin. Berlin. — 2010. — pp. 39 — 49.
7. Yatskiv, V.V. Prystrij dlya peretvorennya paralel"noho dvijkovoho kodu v kod systemy zalyshkovykh klasiv [A device for converting parallel binary code system of residual classes] / V.V. Yatskiv, A.O. Sachenko, Su Czun // *UA 75137 U*. Posted in Bull. # 22, 26.11.2012.
8. Macedo-Cruz, A. Digital image sensor-based assessment of the status of Oat (*Avena sativa* L.) Crops after frost damage / A. Macedo-Cruz, G. Pajares, M. Santos, I. Villegas-Romero // *Sensors*. — 2011. — # 11. — pp. 6015 — 6036.
9. ZigBee Alliance. IEEE 802.15.4, ZigBee Standard. [Electronic resource]: <http://www.zigbee.org>. — 13.12.12.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Одес. нац. політехн. ун-ту Блажко О.А.

Надійшла до редакції 18 грудня 2012 р.