

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ КОДУВАННЯ І ПЕРЕДАЧІ МОНІТОРИНГОВИХ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНО-ЕФЕКТИВНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

Шевчук Б.М.

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Україна

E-mail: incors@ukr.net

The methods and algorithms for coding and transmission of monitoring data in information-effective radio networks

The algorithms for improving of the packet data transfer efficiency in radio networks based on implementation by means of subscriber systems the adaptive and high-speed algorithms for the signals and images compact coding, for forming and transmission of code-signal sequence packets including noise-like are proposed.

Підвищення ефективності функціонування моніторингових радіомереж з пакетною передачею інформації суттєво залежить від методів і алгоритмів кодування первинних даних, що підлягають передачі, алгоритмів формування кодово-сигнальних послідовностей (КСП) інформаційних пакетів (ІП) з урахуванням рівня шумів в радіоканалі [1-3] та передачі ІП віддаленим абонентам радіомережі з використанням основного і резервних шляхів ретрансляції пакетів. Підвищення ефективності передачі ІП абонентськими системами (АС) досягається за рахунок мінімізації кількості передач ІП кожною АС, зменшенням їх тривалості при високій інформаційній ємності ІП. Передача ІП вирішується комплексно, на радіотехнічному та інформаційному рівнях обробки і передачі даних, включаючи за рахунок підвищення ефективності радіотехнічних засобів та шляхом реалізації процесорними засобами АС комплексу взаємодоповнюючих методів та алгоритмів оброблення та кодування сигналів і зображень [4,5], компактного та криптостійкого кодування двійкових масивів даних, формування компактних завадостійких КСП пакетів для реалізації прихованої та захищеної (криптостійкої та завадостійкої) передачі інформації в шумах радіоканалу [1,3]. Від якості цих алгоритмів в значній мірі залежать системні характеристики радіомереж, включаючи максимальна швидкість передачі інформації, оперативність, надійність і захищеність передачі ІП віддаленим абонентам мережі. Оскільки АС моніторингових радіомереж орієнтовані на тривале функціонування в режимі неперервного відбору, накопичення і передачі моніторингових даних при живленні від автономних джерел енергії то важливим завданням АС є мінімізація вхідних моніторингових потоків даних та їх перетворення у вихідні захищені дані, що підлягають накопиченню в об'єктних АС або бортових засобах, наприклад, мобільних роботів чи безпілотних апаратів, а також передачі пакетів захищених даних в темпі введення даних або по запиті центральної станції або віддалених АС радіомережі. Ефективність передачі

пакетів досягається зменшенням інформаційних потоків в місцях встановлення АС шляхом адаптації кодування вхідних даних в залежності від якості введення даних (відліки чистих від шумів ділянок сигналів кодуються з підвищеною частотою опиту і більш точно (максимальною більшість біт АЦП), а відліки ділянок з шумами кодуються мінімальною частотою опиту та мінімальною кількістю біт), формуванням пакетів, параметри КСП яких вибираються в залежності від рівня шумів в радіоканалі [1,3]. При заданій величині робочої смуги частот F максимальна канална швидкість передачі інформації $R_{c\max} \leq 2F/k_s$, де $k_s > 1.4 \dots 1.8$ – коефіцієнт, що враховує якість відновлення фронтів цифрових (імпульсних) сигналів. При заданій ймовірності помилкового прийому КСП P_n поточна швидкість передачі R_i є змінною і залежить від вибору ключових параметрів процесів введення, кодування та передавання даних, тобто $R_i = f(F, P_n, K_c(\delta_d^N), (E_{is}/J_0)_n, L/B(\gamma_i))$, де $K_c(\delta_d^N)$ - коефіцієнт стиску даних на інформаційному рівні засобів АС, який залежить від допустимої величини рівня вхідних шумів δ_d^N в околиці суттєвих відліків (СВ) сигналів, стиску даних без втрат та від коефіцієнта зменшення тривалості пакетів [1,3], $(E_{is}/J_0)_n$ - необхідне енергетичне співвідношення сигнал/шум в каналі зв'язку, $E_{is} = S \cdot T_{is}$, S - потужність сигналу, T_{is} - тривалість інформаційного сигналу (КСП), $J_0 = J/F$, J - середня потужність сумарних завад в радіоканалі ($(E_{is}/J_0)_n \approx (S/J) \cdot B$), $B = F \cdot T_{is}$ - база каналного сигналу (коефіцієнт розширення спектру сигналу), γ_i - поточне енергетичне співвідношення $(E_{is}/J_0)_i$, $L \leq B/4$ – кількість ортогональних сигналів, які асиметрично можна передавати в загальному радіоканалі зі смугою F . Основою методів і алгоритмів якісного стиску та відновлення сигналів (відеосигналів) з допустимими втратами інформації є збереження характеристик обвідних сигналів з урахуванням вимог та особливостей прикладних завдань [4]. В процесі оперативної обробки і кодування сигналів на основі аналізу знаків різницевих значень ΔX_i^F і $\Delta(\Delta X_i^F)$ визначаються амплітудно-часові параметри найбільш інформативних відліків обвідних сигналів, де $\Delta X_i^F = X_i^F - X_{i-1}^F$ - поточний приріст сусідніх відліків X_i^F і X_{i-1}^F відфільтрованого сигналу, $i = \overline{1, \nu}$, нумерація вхідних відліків поточної вибірки сигналу, ν - максимальна кількість відліків, які накопичуються в оперативній пам'яті процесорного модуля АС. В залежності від оперативно визначених опосередкованих оцінок вхідного співвідношення сигнал/шум в околиці СВ (глобальних екстремумів, локальних екстремумів, точок перегину) $\Delta X_{CBi}^N = |X_{CBi}^N - X_i|$ та в залежності від умов $\Delta X_{CBi}^N \leq \delta_d^N$ або $\Delta X_{CBi}^N > \delta_d^N$, формуються стислі масиви різницевих амплітудно-часових параметрів СВ сигналів [4,5]. В подальшому отримані масиви підлягають оперативному стиску без втрат [5] та криптозахисту з використання псевдовипадкових послідовностей, кодові ключі генерації яких відомі тільки абоненту-передавачу та абоненту-приймачу ІІ. Після шифрування даних отримуємо криптомасив $Y = y_1, \dots, y_i, \dots, y_n$ (n - максимальна кількість біт масиву), для якого справедливий вираз $Y = X \oplus K$, де $X = x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ - послідовності бітів

компактного масиву даних, $K = k_1, \dots, k_i, \dots, k_n$ – послідовності випадкових бітів, значення яких залежать від поточного секретного ключа, $y_1 = x_1 \oplus k_1, \dots, y_i = x_i \oplus k_i, \dots, y_n = x_n \oplus k_n$. Безбиткові та криптостійкі масиви даних підлягають завадостійкому кодуванню та перемішуванню [4]. Ефективні методи та алгоритми передачі ІІ в радіомережах реалізуються не основі перекодування n -бітових послідовностей, $n = \overline{3,8}$, в інтервальні КСП ІІ, які, з урахуванням рівня шумів в радіоканалі [3,4], передаються дворівневими сигналами або шумоподібними сигналами (ШПС) з адаптивною базою V_a . При цьому швидкість передачі інформації збільшується приблизно в 2 рази при незмінній робочій смузі частот F . Для надійного прийому спотворених шумами КСП-ШПС кореляційним приймачем відповідного ШПС по трьом каналам здійснюється обчислення сумарної модульної функції $G_s(j) = G_b(j) + G_{a1}(j) + G_{a2}(j)$ з сумуванням відліків основного каналу $G_b(j)$ та додаткових каналів $G_{a1}(j)$ і $G_{a2}(j)$, де j -величина часового зсуву, при цьому обчислення по додаткових каналах здійснюється з використанням різних матриць розгортання і сумування модульних різниць вхідних і опорних ШПС.

З використанням розповсюджених радіомодулів, наприклад, ISM діапазону частот, шляхом реалізації на інформаційному рівні засобів АС радіомереж запропонованого комплексу алгоритмів оперативного кодування даних та формування високоінформативних КСП ІІ досягається високошвидкісна та захищена передача пакетів інформації в шумах радіоканалу.

Література

1. Shevchuk B.M. Speed-and Coding Accuracy-Optimal Methods and Algorithms to Increase the Operation of Wireless Network Subscriber Systems// Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 50, No 6, 2014, pp.945-955.
2. Shevchuk B.M. Theoretical and Algorithmic Foundations of Improving the Efficiency of Packet Data Transmission in High-Speed and Secure Radio Networks// Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 52, No 1, 2016, pp. 151-159.
3. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Фраер С.В. Підвищення ефективності передачі інформації в моніторингових мережах на основі оптимізації обчислень в процесі кодування даних засобами об'єктних систем сенсорних мереж// УСiМ. – 2015. - №3. – С. 65-71.
4. Шевчук Б.М. Системний підхід до вирішення проблем оптимізації обчислень засобами об'єктних систем сенсорних мереж// Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2013. - № 1. – С. 88-95.
5. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Фраер С.В. Алгоритмічні основи підвищення інформаційної ефективності передачі даних в сенсорних мережах// Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2013. – №12. – С. 140-149.