

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.31

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕФЕКТИВНИХ ОБ'ЄКТНИХ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.

(Частина 2)

¹⁾Шевчук Б. М., ²⁾Гераймчук М. Д., ¹⁾Марценюк Є. О.

¹⁾Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ, Україна

²⁾Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Україна

Частина 2 статті присвячена вирішенню комплексу проблем реалізації ефективної обробки сигналів і відеосигналів, компактному кодуванню та шифруванню даних на об'єктних системах децентралізованих радіомереж. Показано, що для підвищення ефективності функціонування коміркових радіомереж з самоорганізацією передачі пакетів інформації необхідне використання високопродуктивних абонентських процесорів та швидкодуючих алгоритмів кодування і шифрування даних, формування псевдохаотичних та завадостійких пакетів даних. Метою статті є розробка взаємодоповнюючих методів та алгоритмів оперативної обробки сигналів (відеосигналів), компактного та завадостійкого кодування і шифрування даних засобами об'єктних систем радіомереж. У результаті реалізації послідовності оптимізованих по швидкодії і точності кодування алгоритмів оперативної обробки, кодування і шифрування даних у місцях утворення інформаційних потоків у радіоканал відправляються беззбиткові, крипостійкі та завадостійкі пакети інформації мінімальної тривалості.

Ключові слова: фільтрація і стиск сигналів (відеосигналів), крипостійке та завадостійке кодування, формування компактних та захищених пакетів інформації.

Вступ

З розвитком процесорної техніки та технології пакетної передачі інформації в проводових та безпроводових комп'ютерних мережах, з розробкою ефективних протоколів функціонування децентралізованих мереж з самоорганізацією передачі пакетів інформації перспективним напрямком розвитку комп'ютерних мереж є побудова коміркових мереж (mesh-мереж) різного масштабу та застосування. Найбільш динамічного розвитку набули радіомережі ISM-діапазону частот (ISM – industrial, scientific, medical: 433, 868, 902-928 (для США), 2400МГц) з повною децентралізацією функцій управління маршрутом передачі пакетів, включаючи сенсорні та локально-регіональні радіомережі. Підвищення ефективності функціонування коміркових сенсорних та локально-регіональних радіомереж досягається шляхом встановлення в місцях зародження (виникнення) інформаційних потоків абонентських (об'єктних) систем, які реалізують комплекс операцій [1-3] по оперативній обробці, кодуванню і шифруванню даних, формуванню і передаванню крипостійких та завадостійких пакетів інформації мінімальної тривалості. Відповідно, реалізація багатofункціональної обробки вхідних даних, кодування, шифрування та адаптивне передавання інфор-

маційних кадрів пакетів засобами об'єктних систем (ОС) вимагає використання високопродуктивних абонентських процесорів та спеціалізованих пристроїв передачі і прийому інформаційних пакетів (ІП), а також швидкодіючих алгоритмів кодування і шифрування даних, формування псевдохаотичних (криптостійких) та завадостійких ІП [4].

Постановка задачі

У даній статті підвищення ефективності функціонування перспективних децентралізованих радіомереж, діючих моноканальних комп'ютерних мереж запропоновано на основі реалізації процесорами і спеціалізованими пристроями ОС оперативних методів та алгоритмів фільтрації-стиску сигналів і зображень (відеосигналів), стиску-захисту масивів даних, завадостійкого кодування інформаційних кадрів пакетів та адаптивного формування каналних сигналів ІП з урахуванням поточного енергетичного співвідношення сигнал/шум в каналі зв'язку.

Метою статті є розробка взаємодоповнюючих методів та алгоритмів оперативної обробки сигналів (відеосигналів), компактного та завадостійкого кодування і шифрування даних засобами ОС радіомереж. При цьому для побудови швидкодіючих ОС запропоновані методи та алгоритми оптимізують процеси обробки, шифрування та кодування даних як по швидкодії і точності обробки та кодування, так і з урахуванням досягнення заданих величин ступеня криптозахисту даних в мережі та захисту даних від спотворень поточними каналними завадами.

Методологічні, математичні та алгоритмічні основи функціонування ОС радіомереж з самоорганізацією передачі ІП

Не залежно від виду мережі (сенсорна, локально-регіональна) підвищення ефективності її функціонування досягається за рахунок суттєвого зменшення кількості пакет, що передаються в мережі передачі даних, тривалості пакет та збільшенням кількості успішних транзакцій або циклів встановлення зв'язку і передачі пакетів між парами віддалених абонентів. В коміркових мережах маршрутизація ІП між віддаленими абонентами мережі ґрунтується на оптимізації передачі пакетів між сусідніми абонентськими системами (АС) мережі. Функціонування багатокоміркових сенсорних та локально-регіональних радіомереж ґрунтується на роботі комірки, яка об'єднує задану кількість АС (ОС), при цьому передача ІП між віддаленими АС здійснюється в режимі передачі даних "від сусіда до сусіда" по одному із вибраних маршрутів (згідно результатів аналізу поточного стану каналу зв'язку між відповідними парами сусідніх АС). Оскільки завжди існують альтернативні маршрути передачі ІП коміркові мережі забезпечують побудову різноманітних розподілених мереж (зірка, кластерне дерево, багатокоміркова мережа) з надійною передачею інформації на великій відстані. З метою покриття зв'язком великих територій із коміркових мереж формуються кластери (рис. 1), в яких один із абонентів виконує функції "вершини"

кластеру і здійснює ретрансляцію пакетів інформації на великі відстані до "вершин" сусідніх кластерів. В сенсорних і локально-регіональних радіомережах

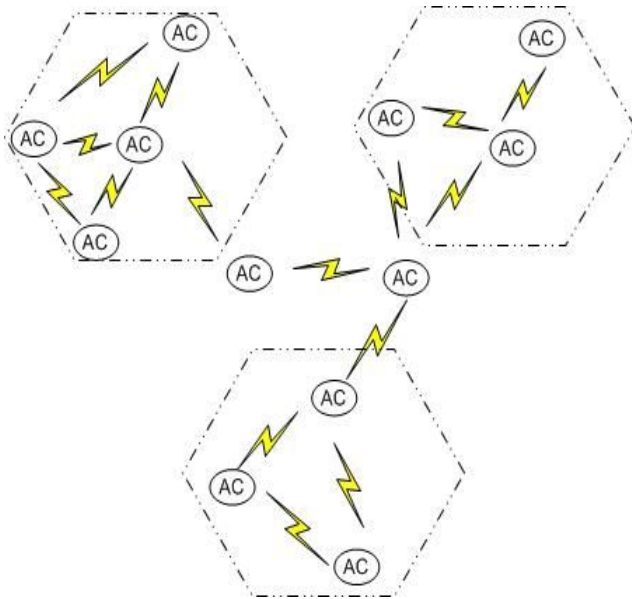


Рис. 1. Структура багатокластерної радіомережі

ISM-діапазону частот передача на великі відстані (одиниці-десятки км) здійснюється з використанням мікропотужних радіопередавачів та направлених антен. Для реалізації ефективного доступу абонентів коміркових сенсорних мереж до ресурсів мереж Internet, Ethernet, Intranet засоби AC(OC) будуються з використанням інтелектуальних радіомодулів ZigBee, що підтримують стандарт 6LoWPAN [5], а також засобів mesh-мереж технології Wi-Fi. Таким чином, в залежності від відстані між абонентами-відправниками та абонентами-приймачами IP маршрути-

зація пакетів здійснюється на рівні комірки, багатьох комірок (кластеру), багатьох кластерів.

Основою для підвищення ефективності функціонування багатокоміркових та багатокластерних мереж шляхом зменшення кількості переданих IP є реалізація засобами AC(OC) комплексу адаптивних алгоритмів, пов'язаних з введенням, обробкою і кодуванням інформації, відбором і відправкою в мережу передачі даних достовірної, точної, беззбиткової та захищеної (крипостійкої і завадостійкої) інформації.

Залежно від продуктивності абонентського процесора в місцях зародження інформаційних потоків можлива реалізація різних за типом (функціональним призначенням) та рівнем (складністю й ефективністю відповідних методів і алгоритмів) адаптаційних процесів під час виконання операцій багатofункціональної обробки, кодування та передавання інформації.

При введенні і кодуванні сигналів доцільно визначати і компактно кодувати амплітудно-часові характеристики найбільш інформативних відліків (суттєвих відліків (СВ)) – екстремумів (СВ-Е) та точок перегину (СВ-ТП). Для мінімізації виконання обчислювальних операцій засобами ОС, резервування часу для комплексної обробки і кодування даних та з метою зменшення інформаційних потоків інтервал дискретизації сигналу t_{di} вибирають адаптивним з урахуванням залежності $t_{di} = f(f_{max}, \Delta X_i^F, \delta_{vxi})$, де f_{max} – максимальна інформативна частота спектру сигналу, $\Delta X_i^F = X_i^F - X_{i-1}^F$ – поточний приріст відфільтрованого сигналу, X_i^F – поточний відлік відфільтрованого сигналу, $\delta_{vxi} = \Delta X_i^N = |X_{CBi}^F - X_{vxi}|$ – по-

точна оцінка величини вхідного співвідношення сигнал/шум в околиці СВ. Для якісного (точного і достовірного) кодування відліків сигналу на високодинамічних (крутих) та чистих від шумів ділянках максимальна частота дискретизації сигналу вибирається підвищеною, тобто $f_{\text{дmax}} = 2kf_{\text{max}}$, де $k \geq 8-10$. На першому етапі обробки з метою реалізації оперативної адаптивної обробки і кодування сигналів з заданим коефіцієнтом прорідження вхідних даних ($k = 2-4$) на поточній вибірці даних по результатам ковзкого згладжування проріджених відліків визначаються амплітудно-часові характеристики СВ та оцінюється їх достовірність шляхом аналізу величини $\delta_{\text{вxi}}$ в околиці СВ. Параметри СВ-Е визначаються на основі аналізу зміни знаку поточної різниці ΔX_i^F , а параметри СВ-ТП – на основі аналізу змін знаку поточної різниці $\Delta(\Delta X_i^F) = \Delta X_i^F - \Delta X_{i-1}^F$ між сусідніми приростами попередньо відфільтрованого сигналу. Для простоти обробки в процесі фільтрації (ковзкого згладжування) вікно усереднення l_y вибирають мінімальним, тобто $l_{y\text{min}} = 3-5$ відліки прорідженого сигналу. При наявності часу обробки можлива реалізація адаптивної медіанної фільтрації вхідних відліків сигналу з вибором вікна усереднення з урахуванням залежності $l_y = f(k, \delta_{\text{вx}}, \Delta X_i^F)$. Це дозволить отримати відфільтровані відліки сигналу без усереднення шумових складових відліків. Залежно від отриманих даних попередньої обробки поточної прорідженої вибірки вхідних даних на другому етапі обробки визначаються способи кодування СВ. При цьому СВ ділянок сигналу, які відносяться до чистих від шумів – кодуються більш точно, тобто амплітудно-часові характеристики таких СВ визначаються при підвищеній частоті опиту та з використанням максимальної кількості біт q_{max} , а СВ, які відносяться до зашумлених ділянок – кодуються менш точно, тобто характеристики таких СВ визначаються при прорідженій частоті опиту та з використанням мінімальної кількості біт q_{min} . Слід зазначити, що чистою від шумів вважається ділянка сигналу, яку утворюють два і більше СВ-Е з заданими параметрами достовірності, наприклад, $\Delta X_i^N \leq \Delta X_{\text{доп}}^N$. Відповідно, зашумлену ділянку утворюють СВ-Е з $\Delta X_i^N > \Delta X_{\text{доп}}^N$. Одиночні ”чисті” СВ-Е, які знаходяться між ”зашумленими” СВ-Е доцільно віднести до зашумленої ділянки сигналу. Для реалізації спрощеної та швидкодіючої обробки точність кодування параметрів СВ таких ділянок обмежують з урахуванням внесення мінімальних спотворень, які не змінюють візуальні характеристики обвідної сигналу, а на високодинамічних ділянках, для яких $\Delta X_i^F > \Delta X_{\text{доп}}^F$, параметри точок перегину можуть не визначатись.

Швидкодіючий спосіб визначення та кодування параметрів СВ-ТП ґрунтується на градації динамічної характеристики сигналу ΔX_i^F з урахуванням особливостей прикладних досліджень сигналу. При цьому кількість градацій характеристики ΔX_i^F є попередньо заданою (задається дослідниками, експертами).

Відповідно, місцезнаходження інформативних відліків сигналу, тобто СВ, визначаються автоматично, оскільки вони знаходяться на границях зміни поточної динаміки сигналу. На елементарних відрізках сигналу між СВ вхідну вибірку доцільно аналізувати з оптимально вибраним коефіцієнтом прорідження $K_{пр}$ вхідної вибірки даних, наприклад, з урахуванням залежностей:

$$\begin{aligned} K_{пр} &= 1, \Delta X_{max}^F / 2 < \Delta X_i^F \leq \Delta X_{max}^F, \\ K_{пр} &= 2, \Delta X_{max}^F / 4 < \Delta X_i^F \leq \Delta X_{max}^F / 2, \\ K_{пр} &= 4, \Delta X_{max}^F / 8 < \Delta X_i^F \leq \Delta X_{max}^F / 4, \\ K_{пр} &= 8, \Delta X_{max}^F / 8 < \Delta X_i^F. \end{aligned}$$

Спрощений адаптивний вибір коефіцієнта прорідження вхідної вибірки даних дозволяє без суттєвих обчислювальних та часових витрат, з достатньою точністю для здійснення оперативного аналізу даних, визначити параметри СВ сигналу. При необхідності отримання точних даних на відповідних ділянках сигналу здійснюється детальне визначення амплітудно-часових характеристик орієнтовно визначених СВ та нових (пропущених) СВ, параметри яких визначаються з урахуванням вибору меншого коефіцієнта прорідження даних. Кодування СВ на зашумлених та чистих від шумів ділянках сигналу здійснюється з використанням різницевого кодування амплітудних та часових СВ, де перший відлік поточної вибірки кодується повнорозрядним кодом.

Для оперативного визначення інформативних динамічних характеристик сигналу, які дозволяють розпізнати характерні фрагменти сигналу, здійснюють обчислення інформаційної характеристики $I = \sum_{d=1}^r |\Delta X_{CB}^d|$, де $\Delta X_{CB}^d = |X_{CB}^d - X_{CB}^{d-1}|$ - модуль різниці між амплітудними значеннями сусідніх СВ, $P_0 \leq |\Delta X_{CB}^d| < P_1$, P_0 , P_1 - попередньо задані порогові величини, $d = 1, \dots, r$ - кількість відліків поточного відрізка сигналу.

Реалізація інформаційно-ефективного компактного кодування відеоданих досягається за рахунок врахування особливостей відбору даних від відеосенсорів та галузі застосування засобів моніторингу і обробки відеоданих. При введенні первинної відеоінформації (кодів відповідних пікселів поточного рядку відеокадру або всього відеокадру) формуються послідовності цифрових відліків R -, G -, B -відеосигналів, огинаючі яких, з допустимими (контрольованими) втратами необхідно компактно кодувати, накопичувати, шифрувати, передавати та відновлювати.

Види адаптивної обробки та компактного кодування відеосигналів суттєво залежить від продуктивності процесора, наявного часу обробки та вимог по точності відновлення форми огинаючої відеосигналів. Адаптація здійснюється на основі виявлення типу ділянки відеосигналу, що дозволяє забезпечити вибір відповідного методу визначення поточних параметрів СВ. У найбільш спрощеному та швидкодіючому алгоритмі кодування відеоданих визначають параметри

ри сусідніх СВ-Е і проміжних СВ, які знаходяться на пологих ділянках відео-сигналів а також визначаються через відповідний інтервал часу, величина якого залежить від мінімально необхідного коефіцієнту стиску даних $K_{ст\ min}$. Доцільність виконання відповідного алгоритму фільтрації поточних відліків відеосигналу залежить від продуктивності процесора, галузі застосування засобів відеокодування і може визначатись в залежності від усередненої величини приростів відеосигналу: при $\Delta X_i^F < \Delta X_{доп}$ виконується фільтрація (усереднення) відліків, де ΔX_i^F – поточний приріст усереднених відліків сигналу, $\Delta X_{доп}$ – допустима величина приросту сигналу, наприклад, $\Delta X_{доп} = \Delta X_{max}^F / 2$. В більш точному алгоритмі компактного кодування визначаються СВ-Е та СВ-ТП, а також проміжні СВ з адаптивним прорідженням вибірки відеоданих. Компактне кодування СВ вибірок відеосигналів здійснюється в режимах: компактне кодування СВ без втрат (відсутня попередня фільтрація відеосигналу); фільтрація сигналу та адаптивне кодування СВ з контрольованими втратами; оперативна фільтрація сигналу та найбільш максимальне, компактне кодування СВ. У першому режимі компактного кодування відеоданих амплітудно-часові характеристики СВ кодуються без спотворень. В другому режимі, при використанні фільтрації відліки СВ доцільно кодувати з використанням мінімальної q_{min} або максимальної q_{max} кількості біт залежно від опосередковано визначеної величини сигнал/шум в околиці СВ. В третьому режимі здійснюється найбільш спрощена фільтрація даних та враховуються тільки параметри СВ-Е, при цьому точність кодування амплітудних значень СВ-Е обмежується з урахуванням внесення мінімальних спотворень, які не змінюють візуальні характеристики обвідної відеосигналу. Також зменшується кількість достовірних біт СВ, а незначні по амплітуді СВ можуть ігноруватись. Після стиску з допустимими втратами вихідні компактні потоки даних сигналів (відеосигналів) кодуються у вигляді наступного бітового потоку даних:

$$\{CI_3\} \left[\left\{ CI_{ПА}^1 \right\} \left\{ (KD_{СВ}^{11}) (KD_{СВ}^{12}) \dots (KD_{СВ}^{1N_1}) \right\} \right] \cdot \left[\left\{ CI_{ПА}^2 \right\} \left\{ (KD_{СВ}^{21}) (KD_{СВ}^{22}) \dots (KD_{СВ}^{2N_2}) \right\} \right] \dots$$

$$\dots \left[\left\{ CI_{ПА}^n \right\} \left\{ (KD_{СВ}^{n1}) (KD_{СВ}^{n2}) \dots (KD_{СВ}^{nN_n}) \right\} \right],$$

де CI_3 – загальна службова інформація, $CI_{ПА}$ – службова інформація параметрів адаптації, $KD_{СВ}^{ij}$ – компактні дані j -го СВ i -ої вибірки вхідних даних, $i = 1, \dots, N_i$, $j = 1, \dots, n$, N_i – максимальна кількість СВ i -ої вибірки вхідних даних.

В залежності від динамічних характеристик ділянок сигналів, вхідного співвідношення сигнал/шум коди $\{CI_{ПА}\}$ адаптивно змінюються, а послідовності амплітудних та часових параметрів СВ кодуються різницевим кодом. Після стиску сигналів (відеосигналів) з допустимими втратами у вихідному масиві даних присутні збиткові послідовності двійкових даних. Тому подальше компактне кодування даних ґрунтується на реалізації оперативних методів стиснення двійкових послідовностей без втрат інформації [3].

В інтегрованих та розгалужених мережах пакети інформації між парами абонентів (відправник ІІ - отримувач ІІ) передаються з використанням ресурсів проміжних абонентів-ретрансляторів (роутерів). Тому важливо захистити дані ІІ від ознайомлення сторонніми абонентами радіомережі, а також забезпечити захист від підміни даних ІІ. У децентралізованих повнозв'язкових мережах з багатьма альтернативними шляхами передачі пакетів між АС, протоколи маршрутизації ІІ базуються на побудові таблиць маршрутизації для кожної АС-роутера. Таблиці маршрутизації будуються на основі реалізації вектора відстані або стану зв'язку. При наявності m проміжних маршрутизаторів (М) між віддаленою парою абонентів в процесі передачі ІІ утворюється ланка абонентів $AC_j \leftrightarrow M_1 \leftrightarrow M_2 \leftrightarrow \dots \leftrightarrow M_m \leftrightarrow AC_i$. Відповідно, для надійного захисту інформації у мережах тільки відповідні пари абонентів мають володіти сеансовим (поточним) секретним ключем (СК), а в пакетах інформації доступною інформацією для відповідної (обмеженої) групи абонентів має бути початок пакету та його поле адреси (часто тільки адреса отримувача ІІ).

Основна проблема захисту інформації у комп'ютерних мережах полягає у розповсюдженні абонентських СК, які використовуються в процедурах аутентифікації абонентів і в шифруванні даних. Для забезпечення цілковитої секретності процесу передачі інформації необхідно, щоб при передачі кожного ІІ поточний СК використовувався тільки один раз. З робіт К. Шеннона випливає, що в теоретично стійких секретних системах передачі інформації СК за обсягом не мають бути меншими, ніж обсяг первинного тексту $\{X_i\}$ та шифрограми $\{Y_i\}$. На практиці прикладом такого шифру є шифр Вернама (шифр з одноразовим ключем), причому захист інформації ґрунтується на виконанні операції додавання за модулем 2 над відповідними бітами масиву даних та поточного СК. Внаслідок шифрування даних отримуємо криптограму $Y = y_1, \dots, y_i, \dots, y_n$ (n – максимальна кількість біт криптограми), для якої справедливий вираз $Y = X \oplus K$, де $X = x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ – послідовності бітів первинного масиву даних (компактного масиву даних після виконання відповідних операцій стиснення даних), $K = k_1, \dots, k_i, \dots, k_n$ – послідовності випадкових бітів поточного СК, $y_1 = x_1 \oplus k_1, \dots, y_i = x_i \oplus k_i, \dots, y_n = x_n \oplus k_n$.

Суттєвою вимогою при виконанні операцій шифрування даних з одноразовим ключем є дотримання вимоги, щоб при виконанні кожної наступної операції шифрування використовувався інший незалежно згенерований СК. Тому для j -ї операції шифрування, парою абонентів, які приймають участь у передачі/прийомі ІІ, генерується поточна послідовність криптостійких випадкових бітів $K_j = k_j, \dots, k_{i+j}, \dots, k_{n+j}$. Величина ступеня захисту інформації P_z пропорційна величинам масивів даних, що підлягають шифруванню, тобто $P_z \cong \max[2^m]$, де m – мінімально необхідна довжина поточної псевдовипадкової послідовності, яка використовується для надійного захисту поточного масиву даних ($m \geq 1028$ біт). У результаті такого шифрування у канал зв'язку відправляються псевдохаотичні

послідовності інформаційних кадрів ІІ, структури яких від пакету до пакету є різними. На рис. 2. наведений приклад структури псевдохаотичних ІІ, де на рис. 2, а наведено розподіл q -бітових послідовностей ($q=8$) зашифрованого масиву даних, а на рис. 2, б – хаосграма зашифрованого масиву даних (залежність попереднього q -бітового символу від наступного).

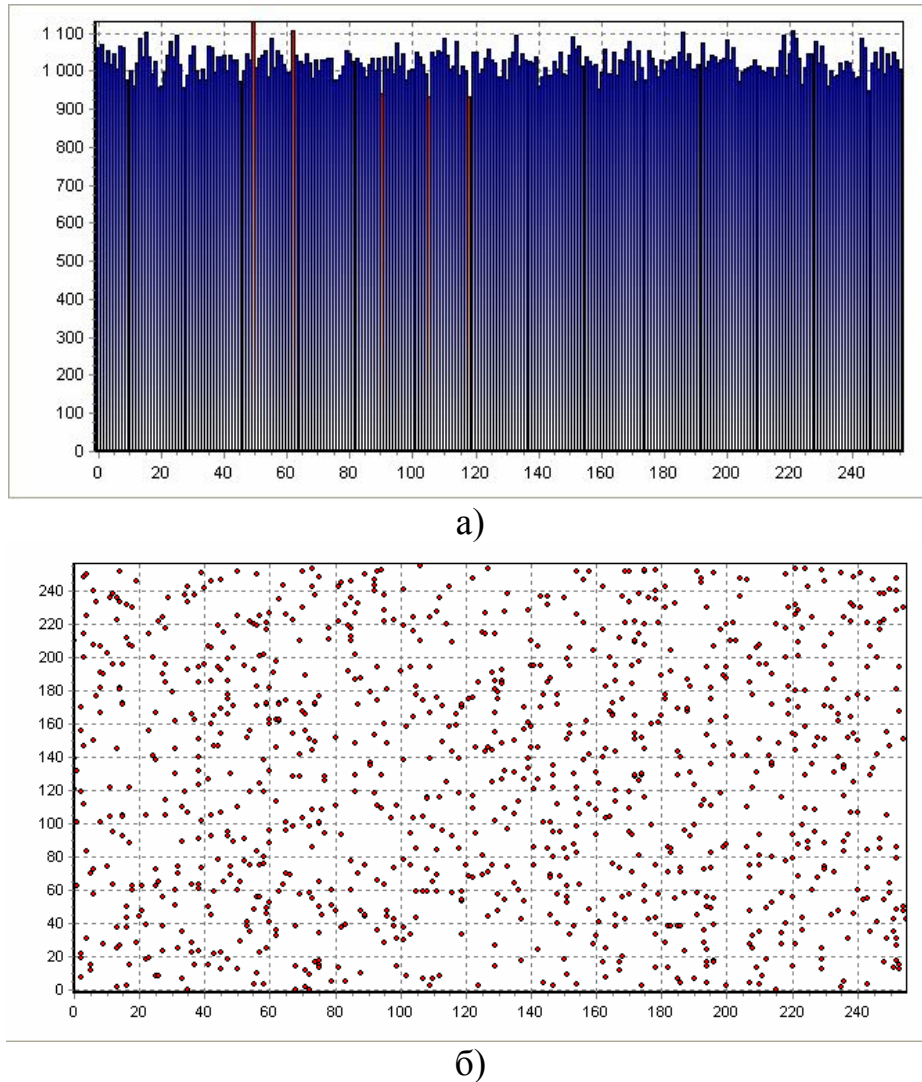


Рис. 2. Структура псевдохаотичних ІІ

Для розповсюдження та формування СК центр розподілу ключів мережі генерує випадковий сеансовий ключ для передачі поточних ІІ, а далі доставляє сеансовий ключ, зашифрований за допомогою секретних ключів кожного з двох абонентів. Після дешифрування повідомлення про сеансовий ключ абоненти використовують його при передачі ІІ до наступної зміни сеансового ключа. Стилі та захищені масиви даних фактично є безбитковими двійковими послідовностями, які при формуванні та передаванні ІІ, трансформуються у послідовності хаотичних інтервально-імпульсних сигналів [4]. При наявності шумів у радіоканалі, парою абонентів, у процесі встановлення зв'язку, визначаються параметри формування та прийому шумоподібних ІІ [1-4].

Підвищена завадостійкість передачі інформації при низькому співвідношенні сигнал/шум у радіоканалі досягається за рахунок реалізації завадостійкого кодування та перемішування даних, шляхом передачі шумоподібних ІП з оперативно визначеною мінімально необхідною базою. Перспективним способом завадостійкого кодування даних ІП є застосування рекурсивного кодування послідовностей бітів ІП з використанням кодів поля Галуа та формування сигнальних коректуючих послідовностей, які передаються в радіоканалі [6]. Таким чином пари АС мережі, які отримали доступ у радіоканал, з використанням сеансових СК та шляхом контролю поточного стану радіоканалу забезпечують формування криптостійких та завадостійких ІП на основі трансформації компактних масивів даних у хаотичні дані з використанням описаних процедур формування криптостійкого керованого хаосу.

Висновки

Основою підвищення ефективності функціонування сенсорних і локально-регіональних радіомереж з самоорганізацією передачі ІП є реалізація процесорами абонентських та об'єктних систем мереж оптимізованих за швидкодією і точністю кодування методів і алгоритмів оперативної фільтрації і стиску сигналів (відеосигналів), компактного, криптостійкого та завадостійкого кодування масивів даних, формування та передавання беззбиткових та захищених ІП мінімальної тривалості з одноразовими шифрами. В результаті реалізації багатofункціональної обробки, кодування і шифрування даних в місцях утворення інформаційних потоків суттєво зменшується кількість пакетів, що передаються в мережі передачі даних, їх тривалості, а також збільшується кількість успішних циклів встановлення зв'язку і передачі пакетів між парами віддалених абонентів. Подальшою перспективою обробки та кодування даних на АС(ОС) є формування ІП з використанням сигнально-кодових конструкцій мінімальної тривалості, які забезпечують надійну передачу даних в шумах радіоканалу.

Література

1. Основи побудови перспективних безпроводових сенсорних мереж / М. Д. Гераїмчук, О. В. Івахів, М. І. Паламар та ін. – К.: ЕКМО, 2010. – 124 с.
2. Шевчук Б. М. Математичне та техніко-економічне обґрунтування розробки інформаційно-ефективних об'єктних систем комп'ютерних мереж. Частина 1 / Б. М. Шевчук, М. Д. Гераїмчук // Вісник НТУУ "КПІ". Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2009. – Вип. 37. – С. 98 - 104.
3. Шевчук Б. М. Оперативне формування і передавання компактних, криптостійких та завадостійких пакетів інформації в радіомережах // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2011. – № 10. – С. 143 - 152.
4. Технологія багатofункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах / Б. М. Шевчук, В. К. Задірака, Л. О. Гнатів та ін. – К.: Наук. думка, 2010. – 370 с.
5. Shelby Z. GLoWPAN: The Wireless Embedded Internet / Z. Shelby, C. Bormann. - WILEY, 2009. – 223 p.
6. Николайчук Я. М. Теоретичні основи, принципи формування та передавання інформації на основі сигнальних коректуючих кодів / Я. М. Николайчук, А. Р. Воронич, Т. М. Гринчишин // Матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конф. "Інформаційні проблеми

комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ПНМК-2010)". – Бучач: Бучачський інститут менеджменту і аудиту, 2010. – Вип. 6, 1. – С. 41 – 48.

*Надійшла до редакції
20 березня 2012 року*

© Шевчук Б. М., Гераїмчук М. Д., Марценюк Є. О., 2012

УДК 519.2:621.391:681

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Каландаров П. И., Темербекова Б. М.
Ташкентский Государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан*

В статье предложен алгоритм контроля достоверности информации, основанный на определенной информационной избыточности в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Решена задача выбора и получения достоверных данных на основе использования избыточных измерений технологических параметров промышленного производства.

***Ключевые слова:** технико-экономический показатель, алгоритм, достоверность, контроль достоверности информации, избыточность, предварительный контроль, физические соотношения.*

Введение

Одна из основных трудностей, которые приходится преодолевать при разработке алгоритмов расчета технико-экономических показателей (ТЭП) состоит в наличии систематических погрешностей и случайных выбросов, а также в выходе из класса точности отдельных приборов, используемых для расчета ТЭП – в условиях, когда отсутствует возможность их регулярной поверки. Ввиду этого при вычислении ТЭП не всегда удается достичь заданной точности даже при использовании самых эффективных алгоритмов переработки измерительной информации. Это обстоятельство приводит к необходимости корректировать рассчитанные значения ТЭП на основе использования дополнительных данных о процессе: известных физических соотношений между отдельными параметрами производства, информации датчиков, установленных дополнительно и т.п.

Постановка проблемы

Обратимся к алгоритму контроля за достоверностью информации, основанному на информационной избыточности в АСУ ТП.

Пусть в системе осуществляется измерение n величин x_1, x_2, \dots, x_n параметров технологического процесса. Будем говорить, что имеет место информационная