

УДК 621.39

С.А. Підлісний¹, В.М. Більчук¹, Д.О. Медведєв², Б.О. Піддубний¹

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто сфери застосування відеоінформаційного ресурсу у Збройних Силах України. Вказано на наявність проблеми забезпечено цілісності інформації оперативного призначення. Проаналізовано існуючі технології локалізації помилки. Запропоновано метод підвищення цілісності на основі розподілу кодів змінної довжини в рівномірні кодові конструкції. Розглянуто локалізацію помилки у запропонованому методі. Надано подальший напрямок досліджень.

Ключові слова: відеоінформаційний ресурс, обробка зображень, телекомунікаційна система, методи підвищення цілісності.

Вступ

Для постійного контролю, чіткого та постійного керування військами в ЗСУ використовують відеоінформаційні ресурси [1]. Одним з прикладів є спостереження за територією, виявлення фактів тероризму або проведення розвідки з використанням безпілотних літальних апаратів [2]. Ця інформація передається по радіо каналам зв'язку на командний пункт. Також для вчасного прийняття рішень та обговорення певних проблем при неможливості наочної зустрічі використовують відеоконференцзв'язок [3]. При передачі відеоінформації на телекомунікаційне обладнання може відбуватися вплив. Це може бути як наслідок природних факторів, так і вплив противника, що проводить кібератаку [4; 5]. При дії таких завад в телекомунікаційному обладнанні може відбутися збій, що призводить до спотворення відеоінформації. В результаті наявності біткової помилки у статистичному коді відбувається невірна ідентифікація усіх наступних VLC-кодів. Цим аргументується, що за наявності біткової помилки в потоці кодів змінної довжини вплив помилки може сильно впливати на відновлення значень коефіцієнтів ДКП, тобто статистичний код не є стійким до помилок [6]. Тому постає проблема забезпечення цілісності інформації в телекомунікаційних системах.

Для боротьби з такими помилками в існуючу технологію кодування JPEG додають завадостійке кодування. Принцип роботи такого кодування в тому, що до інформації, яка передається, додають перевірючі біти [7]. Це дозволяє виявити та виправити помилки. В результаті відбувається відновлена інформації. Але в такій схемі є недоліки:

застосування завадостійкого кодування відбувається з використанням апаратних та часових затрат. Це призводить до збільшення часу обробки;

при додаванні додаткових бітів збільшується об'єм інформації. Це призводить до збільшення часу передачі відеоінформації.

Данні недоліки впливають на оперативність передачі відеоінформації, що недопустимо для використання у військовій сфері.

Метою даної статті є розробка методу підвищення цілісності інформації на основі існуючих технологій обробки зображень, основною умовою при реалізації яких є збереження часових витрат на передачу в телекомунікаційних системах.

1. Розробка методу

Для вирішення поставленого завдання пропонується технологія слотування. Дана технологія розміщує VLC коди в слоти пакета EREC на основі перебудови біткової структури. Тут враховується, що слотами є кодові слова рівномірної довжини. В результаті перетворення послідовності VLC кодів утворюється пакет слотів. На рис. 1 представлено розподіл кодового потоку, що складається з $\Lambda = 19$ VLC кодів ℓ_ξ по 19 слотам. Різноманітні VLC коди ℓ_ξ представлені схематично у вигляді різних за окрасом і розміром прямокутників.

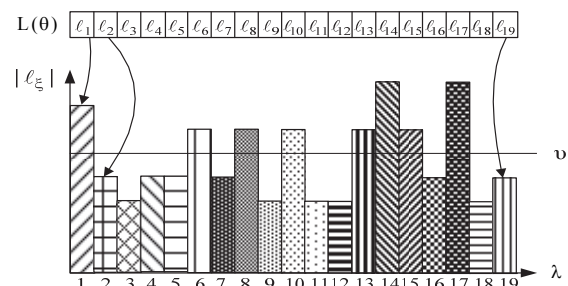


Рис. 1. Первинний етап розміщення кодових конструкцій при формуванні пакета слотів

На первинному етапі розглядається розміщення VLC кодів l_ξ по слотам s_ξ без урахування їх вирівнювання по довжині υ . VLC коди розміщуються відповідних слотах, тобто перша кодова послідовність l_1 розміщується в слоті s_1 , а решта аналогічно.

Старші розряди $q_{\xi,\mu}; \gamma \rightarrow 1$ кодової конструкції l_ξ розміщуються в нижніх бітових позиціях слота s_ξ . Навпаки, молодші розряди $q_{\xi,\gamma}; \gamma \rightarrow |l_\xi|_2$ кодової конструкції l_ξ розміщуються у верхніх бітових позиціях слота s_ξ .

Далі при формуванні пакета слотів є вирівнювання довжин кодових слів s_ξ для виконання умов у випадку, коли відомо кількість Λ слотів в пакеті. Для цього спочатку потрібно визначити довжину υ слота.

Довжина υ слота визначається як відношення сумарної довжини $|L(\theta)|_2$ послідовності $L(\theta)$ кодів до кількості Λ слотів.

Після визначення довжини υ слота можливі випадки, коли довжина $|l_\xi|_2$ VLC коду l_ξ перевищуватиме довжину υ слота.

Коли довжина $|l_\xi|_2$ VLC коду l_ξ перевищує довжину υ слота, формується надмірність з позитивним знаком, яка визначає перевантаження слота. Вона виражається в довжині надлишкової складової Δl_ξ .

Коли довжина $|l_\xi|_2$ VLC коду l_ξ менше довжини υ слота, утворюється надмірність з негативним знаком, яка визначає недовантаження слота.

Для підвищення ефективності заповнення слотів відповідно до технології EREC відбувається перерозподіл надлишкових складових Δl_ξ VLC кодів l_ξ з надмірною складовою $\Delta s_i, i \neq \xi$ слотів s_i .

Це дозволить:

зберегти інформацію VLC кодів l_ξ на основі заповнення пустоти слотів s_ξ ;

скоротити надмірність, викликану недовантаженням слота.

Результат розподілу всієї послідовності $L(\theta)$ VLC кодів l_ξ , по пакету $S(\Lambda)$ слотів s_ξ відповідно до технології EREC, представлено на рис. 2.

Маючи інформацію про даний алгоритм і при відсутності помилок в каналі, на приймальній стороні кодова послідовність $L(\theta)$ VLC кодів l_ξ буде взаємно однозначно відновлена і декодована.

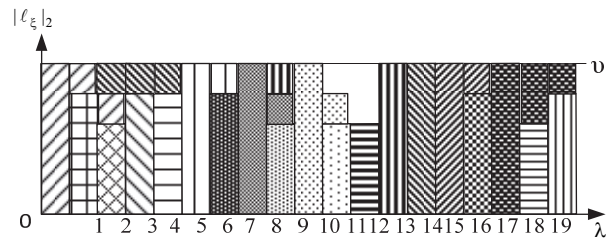


Рис. 2. Результат розміщення бітових складових кодових конструкцій в сформованому пакеті слотів

Розглянемо процес декодування розподілених VLC кодів l_ξ і відновлення компонент u_ξ трансформанти на приймальній стороні.

За умовами пропонованого алгоритму необхідно ідентифікувати VLC коди l_ξ , повністю увійшли в відповідні слоти s_ξ при первинному заповненні, і визначити номер i -х позицій слотів s_i , які мають надмірність $|s_i|_2$. Номер позиції необхідний для збірки VLC кодів l_ξ , які були розподілені за кількома слотами s_i .

У запропонованому алгоритмі кількість слотів s_λ становить фіксоване значення Λ . При цьому інформація про довжину $|S(\Lambda)|_2$ пакета слоту надається декодеру в службовій інформації. Використовуючи значення довжини $|S(\Lambda)|_2$ пакету $S(\Lambda)$ слотів і кількості Λ слотів, декодер визначає довжину υ слоту:

$$\upsilon = \frac{|S(\Lambda)|_2}{\Lambda} \tag{1}$$

Інформація про довжину слота дозволяє визначити позиціонування всіх слотів s_λ в пакеті $S(\Lambda)$. Порядок заповнення слотів s_ξ надає можливість ідентифікувати початок α_ξ кожного коду l_ξ . Це дозволяє декодеру синхронізуватися з потоком бітів на початку кожного слота. Виділивши з пакета $S(\Lambda)$ окремий слот s_ξ , проводиться процес порозрядної збірки VLC коду l_ξ . При порозрядній збірці першого VLC коду l_1 індекс позиції VLC коду l_ξ в кодовому потоці приймається рівним $\xi = 1$.

На початковому етапі $g=1$ старшому розряду $q_{\xi,1}$ коду l_ξ приводиться у відповідність значення двійкового розряду $h_{\xi,1}$ нижньої бітової позиції слота $s_\xi, q_{\xi,1} := h_{\xi,1}$.

При цьому даний розряд формує вміст частини коду $\partial l_\xi, [\partial l_\xi]_2 = \{q_{\xi,1}\}$. В результаті чого довжина $|\partial l_\xi|_2$ частини коду ∂l_ξ буде визначатися

$|\partial l_\xi|_2 = 1$. Після цього декодер на основі функції $f_{\text{vlc}}^{-1}(\partial l_\xi, P_{\text{сл}})$ виробляє ідентифікацію закінчення ξ -ї кодової комбінації l_ξ .

Успішна ідентифікація призводить до таких наслідків:

кодівій комбінації l_ξ приводяться у відповідність частини коду $l_\xi := \partial l_\xi$;

відновлюється відповідна компонента u_ξ ;

фіксується значення довжини $|\partial l_\xi|_2$ частини коду ∂l_ξ ;

подальша збірка VLC коду l_ξ припиняється.

Якщо ідентифікація закінчення ξ -ї кодової комбінації l_ξ не вдалася, то розряду $q_{\xi,2}$ коду l_ξ приводиться у відповідність двійковий розряд $h_{\xi,2}$ наступної бітової позиції слота s_ξ , звідси слідує $q_{\xi,2} := h_{\xi,2}$.

При цьому змінюється вміст $[\partial l_\xi]_2$ частини коду ∂l_ξ , $[\partial l_\xi]_2 = \{q_{\xi,1}; q_{\xi,2}\}$.

Відповідно довжина $|\partial l_\xi|_2$ частини коду ∂l_ξ при цьому збільшиться, $|\partial l_\xi|_2 := |\partial l_\xi|_2 + 1$.

Після цього декодер на основі функції $f_{\text{vlc}}^{-1}(\partial l_\xi, P_{\text{сл}})$ повторно виробляє ідентифікацію закінчення ξ -ї кодової комбінації l_ξ .

Дані операції початкового етапу побітного внесення двійкових розрядів $h_{\xi,\mu}$ слоту s_ξ з вмістом частини коду ∂l_ξ тривають до моменту:

ідентифікації закінчення ξ -ї кодової комбінації l_ξ ;

використання всіх двійкових розрядів $h_{\xi,\mu}$ слоту s_ξ .

У першому випадку декодер відновлює відповідну компоненту u_ξ . Також при цьому формується надлишкова складова Δs_ξ слоту s_ξ .

У другому випадку процес подальшої порозрядної збірки VLC кодів l_ξ вимагає звернення до вмісту надлишкових складових Δs_i других слотів s_i , $i \neq \xi$. Це звернення проводиться тільки після ідентифікації інших VLC кодів l_i , $i \neq \xi$. Значення позицій даних надлишкових складових Δs_i слотів s_i в послідовності $S(\Lambda)$ задається індексом VLC коду l_ξ і вектором зміщення $D(v_{\text{см}})$.

В даному методі можлива паралельна обробка всіх слотів s_ξ в пакеті $S(\Lambda)$. Залишкова надмірність – біти, які використовувалися при формуванні пакета $S(\Lambda)$ слотів s_ξ , на результат декодування не впливають. Результатом обробки всіх слотів s_ξ в пакеті $S(\Lambda)$ є відновлення всіх компонентів u_ξ лінеаризованої трансформанти. В умовах відсутності помилок в процесі передачі слотів s_ξ , обробки і збірки кодів l_ξ декодування проводиться взаємнооднозначно. Тоді квантовані значення компонент u_ξ лінеаризованої трансформанти відновлюються без помилок.

Для оцінки характеристик достовірності інформації розглянемо вплив помилки на відновлення зображення у запропонованому методі.

У разі наявності бітової помилки в μ -му розряді $h'_{\lambda,\mu}$ для λ -го слоту $h'_{\lambda,\mu} \neq h_{\lambda,\mu}$ відновлення буде наступним. Процес декодування буде залежати від бітового положення в слоті:

якщо ідентифікація λ -ї кодової комбінації l_λ до зчитування розряду $h_{\lambda,\mu}$ слоту s_λ не була проведена, то можлива невірна ідентифікація закінчення λ -ї кодової комбінації l'_λ ;

при ідентифікації λ -ї кодової комбінації l_λ помилка зачіпає надлишкову складову $\Delta s_\lambda^{(\gamma)}$ слоту s_λ , до якої йде звернення при складанні на g -му етапі ξ -го коду l_ξ , $\xi = \lambda - d_g$. При цьому також можлива невірна ідентифікація закінчення ξ -ї кодової комбінації l'_ξ .

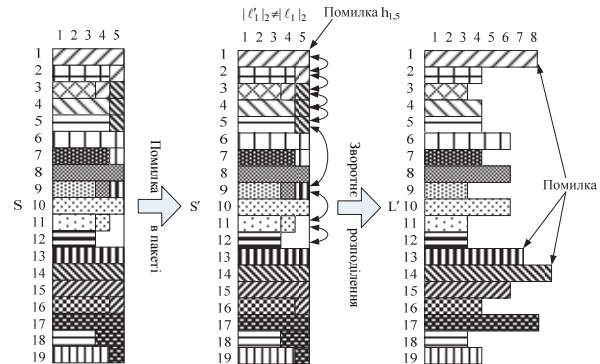


Рис. 3. Вплив помилки в розряді $h_{1,5}$ слоту s_1 на визначення довжини $|l_i|_2$ кодів l_i послідовності $L(\theta)$

Ідентифікація коду l_λ і l_i кодів l_i , надлишкові складові яких входять в надлишкові складові $\Delta s_\lambda^{(j)}$, $j < \gamma$ слота s_λ , буде проведена вірно.

Для першого варіанту положення помилкового розряду $h'_{\lambda,\mu}$ при зміні довжини $|\ell'_{\lambda}|_2$ кодової комбінації ℓ'_{λ} :

в бік збільшення $|\ell'_{\lambda}|_2 > |\ell_{\lambda}|_2$ помилка поширюється на коди ℓ_i , які при складанні повинні були використовувати розряди слотів s_i і бітове положення в слоті після надлишкової складової $\ell'_{\lambda}^{(V'_{cm})}$ коду ℓ'_{λ} ;

в сторону зменшення $|\ell_{\lambda}|_2 > |\ell'_{\lambda}|_2$ помилка поширюється на коди ℓ_i , які при складанні будуть використовувати розряди слотів s_i і бітове положення в слоті після надлишкової складової $\ell'_{\lambda}^{(V'_{cm})}$ коду ℓ'_{λ} .

При другому варіанті положення помилкового розряду $h'_{\lambda,\mu}$ ситуація повторюється для коду ℓ'_{ξ} .

У разі помилкового декодування першого коду ℓ_1 , декодер невірно визначить довжину першого коду. Для зворотного розподілу коду з 2 по 12 і з 15 по 19 залишаться непорушними. Для кодів 1, 13 і 14 декодер може використовувати як попередні, так і наступні значення розрядів, визначених алгоритмом розподілу. В результаті помилка в слоті 1 призведе до невірного декодування блоку 1, 13 і 14. При відсутності розподілу блоків по слотах помилка поширилася б на всі кодовані блоки.

ВИСНОВКИ

В статті розроблено метод підвищення цілісності інформації в телекомунікаційних системах. Результатом застосування методу слотування буде наступне:

1. Було невірно відтворено набагато менше ділянок кадру зображення, ніж при використанні існуючих методів кодування. Отримане зображення мало деяке викривлення, але залишилось інформативним.

2. Використання розробленого методу дозволяє зменшити об'єм службової інформації. Це призво-

дить до меншої інформаційної інтенсивності та зниженні часових витрат у порівнянні іншими технологіями, що дозволяють локалізувати помилку з мінімальними втратами зображення.

Напрямок подальших досліджень – забезпечення вірного позиціонування усіх кодів змінної довжини при наявності бітової помилки.

Список літератури

1. Баранник В.В. Метод локалізації втрати цілісності інформації на основі слот-технології [Текст] / В.В. Баранник, С.А. Подлесний, Д.В. Баранник // *Радиоэлектроника и информатика*. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – Вип. 4. – С. 32-41.
2. Баранник В.В. Метод підвищення стійкості від еоконтенту до кібернетичних атак у інфокомунікаційних системах [Текст] / В.В. Баранник, С.А. Подлесний // *Безпека інформації*. – К.: НАУ, 2016. – Вип. 22(2). – С. 123-130.
3. Barannik V.V. Analysis of the action of cyber-attacks in the video-information's resources in the information-telecommunications networks / V.V. Barannik, S.A. Podlesny // *Management Information System and Devices*, 2014. – Vol. 169, No 4. – P. 16-22.
4. Barannik V.V. Methodology of impact assessment of safety cyber-attacks on video information resources in telecommunications system" / V.V. Barannik, S.A. Podlesny, S.S. Shulgin // *Radioelektronika i informatika*. – 2016. – Vol. 72, No 1. – P. 61-64.
5. Barannik V.V. The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword / V.V. Barannik, S.A. Podlesny // *In 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*, Lviv, Ukraine, Nov. 2016. – P. 52-54.
6. Barannik V.V. Method of location loss of integrity of information based on slot-technologies / V.V. Barannik, S.A. Podlesny, D.V. Barannik // *Radioelektronika i informatika*. – 2015. – Vol. 71, No 4. – P. 32-41.
7. Barannik V.V. Basis of approach for creating technology for cyber defence of video information resources in the infocommunication space / V.V. Barannik, S.A. Podlesny // *Science-based technology*. – 2016. – Vol. 29, No 1. – P. 82-86.

Надійшла до редколегії 22.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.В. Баранник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.А. Подлесный, В.М. Бильчук, Д.О. Медведев, Б.А. Поддубный

Рассмотрены области применения видеоинформационного ресурса в Вооруженных Силах Украины. Указано на наличие проблемы обеспечения целостности для информации оперативного назначения. Проанализированы существующие технологии локализации ошибки. Предложен метод повышения целостности на основе распределения кодов переменной длины в равномерные кодовые конструкции. Рассмотрены локализация ошибки в предложенном методе. Представлено дальнейшее направление исследований.

Ключевые слова: видеоинформационный ресурс, обработка изображений, телекоммуникационная система, методы повышения целостности.

THE METHODS OF INFORMATION INTEGRITY INCREASING IN THE TELECOMMUNICATION SYSTEMS

S. Podlesny, V. Bilchuk, D. Medvedev, B. Poddubny

The video information resource application areas in the Armed Forces of Ukraine are considered. There is a problem of ensuring the integrity of operational information. The existing technologies of error localization are analyzed. The method for increasing integrity based on the distribution of variable length codes into uniform code constructions is proposed. The error localization in the proposed method is considered. Further direction of research is provided.

Keywords: video information resource, image processing, telecommunication system, methods of increasing integrity.