

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.327:681.5

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАХИЩЕНОГО КАНАЛУ ДОСТАВКИ ВІДЕОДАНИХ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

БАРАННИК В.В., РЯБУХА Ю.М., ХІМЕНКО В.В.,
БАРАННИК Д.В., ПРИМЄРОВ М.В.

Розробляється технологія закриття відеопотоку, яка базується на виявленні та закритті значущих структурних одиниць. Зазначена технологія застосовує впровадження маркера ознаки закриття в кодову конструкцію відеопотоку для використання його на безпілотних літальних апаратах.

Ключові слова: відеопотік, дискретно-косинусне перетворення, значущі структурні одиниці, пікове відношення сигнал/шум, оперативність, конфіденційність.

Keywords: video stream, discrete cosine transformation, significant structural units, peak signal-to-noise ratio.

1. Вступ

До недавнього часу ми бачили стрімке зростання популярності дронів, і в її основі був інтерес кожної людини до польотів. Отримання красивих кадрів з повітря, можливість знімати там, де раніше це було неможливо, нові ракурси – все це робило технологію затребуваною. Кілька років поспіль дрони очолюють чарти найбажаніших подарунків. Але БПЛА – не лише хобі або селфі, дрони стають помічниками в різних галузях починаючи з сільського господарства та видобувної промисловості закінчуючи топографією та військовою розвідкою.

У військовій справі БПЛА можна використовувати для передачі важливої відеоінформації. Основні задачі, що виконують дрони у військовій справі – це надання інформації про: позиції противника; стан та положення своїх військ; особливості місцевості, переваги якої будуть використовуватися для майбутнього наступу.

Але є деякі так звані «мінуси» цих задач: по-перше, даним дроном можуть користуватися як і свої війська, так і ворожі. Це пов'язано з відсутністю захищеності.

По-друге, інформацію, яку передає цей літальний пристрій, можна з легкістю перехопити.

Але і це ще не все. Якщо БПЛА все ж таки облаштувати потрібним рівнем захисту, то з одного боку це приведе до непоганої завадостійкості, а з іншого – ворожі хакери проявлять бажання зламати захист дрону, щоб дізнатись, якою інформацією він володіє.

Використання безпілотних літальних апаратів, на нашу думку, є одним із провідних типів тех-

ніки, які потрібні для захисту державних кордонів.

Адже все йде до того, що БПЛА будуть оснащуватись різними типами зброї та під час виявлення певного об'єкта будуть робити аналіз та приймати рішення щодо атаки. Такими дронами можна керувати як з землі, так і з повітря. Наприклад, летить літак, який завантажений 3-5 дронами. Під час виконання завдання пілот випускає їх в повітря та починає керувати, ставити задачі, виконувати атаку чи стрільбу прямо з кабіни літака.

Перспектива використання БПЛА також полягає в тому, що в наші часи всі прагнуть перейти на автоматичні пристрої. Людство вже починає використовувати різні прилади та види техніки, які здатні працювати без втручання людей.

Тому основні завдання цієї роботи полягає в підвищенні якості надання відеоінформаційних послуг для телекомунікаційних систем з високою роздільною здатністю при виконанні відомчих умов по конфіденційності, оперативній доставці і достовірності.

2. Розробка технології підвищення пропускної спроможності захищеного каналу

Вперше розроблено технологію формування бітового коду в селективному методі шифрування відеоінформаційного ресурсу з урахуванням енергетично значущих структурних одиниць базового відеокадру. Відмінною особливістю цієї технології від стандартної є те, що при формуванні бітового потоку для приховування відеоінформаційного ресурсу вводиться рівень структурних одиниць в базовому відеокадрі. З них виділяються значущі структурні одиниці за ступенем семантичної і структурної інформативності. Вони впливають на подальше формування Р і В-кадрів. Застосування такої технології дозволяє приховувати значні структурні одиниці базового відеокадру за допомогою впровадження маркера ознаки закриття в кодову конструкцію відеопотоку.

Розглянемо приклад роботи методу закриття базового відеокадру на основі селекції значущих S_{zn} структурних одиниць.

Спочатку слід порівняти показник з граничними значеннями δ_{min_H} і δ_{max_H} :

$$S(U_H)_\varphi > \delta_{max_H} \quad (1)$$

В результаті закриття відеокадрів із застосуванням методу селекції значущих S_{zn} структурних одиниць на основі аналізу значень по низькочастотній складовій отримані результати, представлені на рис. 1, 2.



Рис. 1. Результат автоматичного закриття відеокадру «Селекторна відеонарада» із застосуванням методу селекції значущих S_{zn} структурних одиниць на основі аналізу значень тільки по низькочастотній складовій, де порогові значення $\delta_{\min_H} = 12$, $\delta_{\max_H} = 14$



Рис. 2. Результат автоматичного закриття відеокадру «Відеодокументування затримання» із застосуванням методу селекції значущих S_{zn} структурних одиниць на основі аналізу значень по низькочастотній складовій, де порогові значення, $\delta_{\min_H} = 12$, $\delta_{\max_H} = 14$

Для визначення ефективності технології закриття відео-інформаційного ресурсу з використанням методу селекції значущих S_{zn} структурних одиниць базового відеокадру пропонується порівняти пропускну спроможність вихідного відеопотоку з пропускну спроможністю закритого відеоканалу в разі застосування:

- 1) методу їх обробки на основі стандартизованих технологій MPEG;
- 2) методу закриття відеоданих на основі послідовної схеми (компресія з подальшим шифруванням);
- 3) методу приховування всіх відеоданих після дискретного косинусного перетворення блоків базового відеокадру;
- 4) розробленого методу на основі селекції значущих структурних одиниць базового відеокадру.

Оцінка пропускну здатності закритого відеоканалу у відомчій відеоінформаційній системі на основі методу селекції всіх структурних одиниць

після етапу ДКП з урахуванням обмеження на час доставки $t_{тр.д.}$ розраховується так:

$$C_{соз} = f(t_{тр.д.}, C_{соз}), \quad (2)$$

Тут f – функціонал, що дозволяє визначити частину інтенсивності прихованих кодованих відеоданих при використанні методу на основі селекції всіх структурних одиниць, які задовольняють відомчим вимогам по обробці і передачі.

Розглянемо залежність пропускну спроможності закритого відеоканалу від значень пікового відношення сигнал / шум для різних методів їх обробки. У діаграмі, представлений на рис. 3, відображені результати розрахунків пропускну спроможності закритого відеоканалу для різних методів їх обробки залежно від значень пікового відношення сигнал/шум, які вибираються відповідно до типу кадру, що проводяться в таких умовах:

- 1) використання розміру відеокадрів 1920×1080 ;
- 2) при допустимих усереднених значеннях пікового відношення сигнал / шум за всіма типами кадрів при санкціонованому доступі на рівні $PSNR_{сд} > 21$ дБ;
- 3) при максимальних значеннях пікового відношення сигнал / шум за всіма типами кадрів при несанкціонованому доступі, що не перевищують $PSNR_{несд} < 10$ дБ;
- 4) використання таких методів їх обробки: технологія обробки 1 – метод закриття відеоданих на основі послідовної схеми; технологія обробки 2 – метод приховування всіх відеоданих після дискретно-косинусного перетворення блоків базового відеокадру; технологія обробки 3 – розроблений метод на основі селекції значущих структурних одиниць базового відеокадру;
- 5) виділення таких характерних режимів: режим 1 – висока якість відеоданих, для якого значення пікового відношення сигнал/шум для кожного типу кадрів відповідають:

$$PSNR_I = 50 \text{ дБ}, PSNR_P = 40 \text{ дБ}, PSNR_B = 30 \text{ дБ};$$

режим 2 – середня якість відеоданих, для якого значення пікового відношення сигнал/шум для кожного типу кадрів відповідають:

$$PSNR_I = 45 \text{ дБ}, PSNR_P = 35 \text{ дБ}, PSNR_B = 25 \text{ дБ};$$

режим 3 – низька якість відеоданих, для якого значення пікового відношення сигнал/шум для кожного типу кадрів відповідають наступним:

$$PSNR_I = 40 \text{ дБ}, PSNR_P = 30 \text{ дБ}, PSNR_B = 23 \text{ дБ}.$$

Висновки

Результати використання розробленого методу представлені на рис. 3.

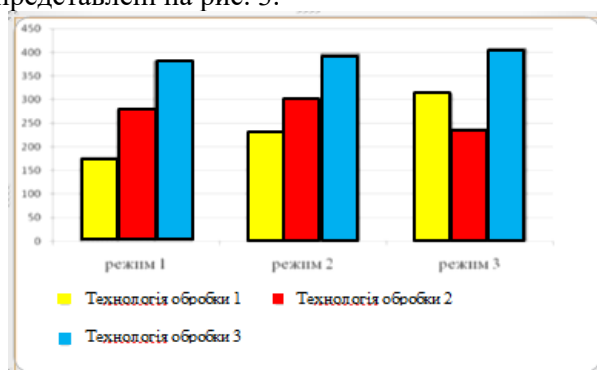


Рис. 3. Діаграма залежності пропускної здатності закритого відеоканалу від значень пікового відношення сигнал / шум для розміру відеокадрів при різних методах їх обробки

З діаграми на рис. 3 видно, що:

- для розробленого методу закриття відеопотоку формату Full HD (1920×1080) в разі, коли забезпечується нижній рівень пікового відношення сигнал / шум, досягається значення пропускної здатності закритого відеоканалу 381 Мбіт/с. Тут забезпечується виконання вимог по оперативній передачі відеоінформаційного ресурсу в єдиній відомчій цифровій телекомунікаційній мережі для низькошвидкісних каналів зв'язку;

- для розробленого методу закриття відеопотоку формату Full HD (1920×1080) в разі, коли забезпечується верхній рівень пікового відношення сигнал/шум, пропускна здатність закритого відеоканалу становить 407 Мбіт/с (25,6 кадрів/с в перерахунку на вихідний відеопотік) і 397, 5 Мбіт/с (24,9 кадрів/с в перерахунку на вихідний відеопотік) для відео допустимої якості. Це дозволяє виконати відомчі вимоги щодо оперативності передачі в умовах підвищеної частоти кадрів. При цьому якість відновлених відеоданих вища, ніж при використанні інших методів приховування. Це відбувається внаслідок того, що в процесі кодування враховується обробка значущих структурних одиниць базового відеокадру;

- у разі використання розробленого методу селекції значущих структурних одиниць базового відеокадру для відеоформату Full HD (1920×1080) забезпечується вигреш по пропускній здатності закритого відеоканалу від 23 до 51% в порівнянні з методом послідовного шифрування (кодування відеоданих з подальшим їх шифруванням) і від 26 до 42% в порівнянні з методом селекції всіх структурних одиниць базового відеокадру залежно від якості переданих відеоданих. Це дозволяє підвищити якість надання відеоінформаційних послуг для інфокомунікаційних систем з високою роздільною

здатністю при виконанні відомчих умов по конфіденційності, оперативній доставці і достовірності.

Література: 1. Salomon D. Data compression, image and sound / Trans. from English by. V.V. Chepyzhova, M.: Technosphere, 2004. 368 p. 2. Kudryashov B.D. Information theory. St. Petersburg: Peter, 2009. 320 p. 3. Gonzalez R., Woods R. Digital Image Processing. M.: Technosphere, 2005. 1073 p. 4. Miano J. Formats and image compression algorithms in action. K.: Triumph, 2013. 336 p. 5. Pratt W. K., Chen W. H., Welch L. R. Slant transform image coding // Proc. Computer Processing in communications. New York: Polytechnic Press, 1969. P. 63-84. 6. Miano J. Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP. 264 p. 7. Sindeev M., Konushin A., Rother C. Alpha-flow for video matting. Technical Report, 2012. P. 41-46. 8. Wallace G. K. The JPEG Still Picture Compression Standard // Communication in ACM. 1991. Vol. 34, № 4. P. 31-34. 9. Wang S., Zhang X., Liu X., Zhang J., Ma S. and Gao W. Utility Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression // IEEE Transactions on Multimedia. 2017. Vol. 19, № 3. P. 660-667. 10. Tsai W. J. and Sun Y. C. Error-resilient video coding using multiple reference frames // IEEE International Conference on Image Processing, Melbourne, VIC, 2013. P. 1875-1879. 11. Barannik V., Alimpiev A., Bekirov A., Barannik D., Barannik N. Detections of sustainable areas for steganographic embedding // IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Novi Sad, Serbia: 2017. P. 555-558, DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110028. 12. Barannik V., Tupitsya I., Sidchenko S. and Tarnopolov R. The method of crypto-semantic presentation of images based on the floating scheme in the basis of the upper boundaries. Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T): 2nd Intern. scient.-pract. conf. Kharkiv: 13-15 Oct 2015. P. 248-250. DOI: 10.1109/INFOCOMMST. 2015.7357326. 13. Zhang Y., Negahdaripour S. and Li Q. Error-resilient coding for underwater video transmission // OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, CA, 2016. P. 1-7. 14. Havrulov D. The analysis of template method of video processing // Proc. IEEE AICT'2015. P. 87 – 89. 15. Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M. and Yukin V. Methods of data compression. The device archiver, compression of images and videos // DIALOG MIFI. 2013. 384 p. 16. Wang, S., Kim, S. M., Yin, Z., & He, T. Encode when necessary: Correlated network coding under unreliable wireless links // ACM Transactions on Sensor Networks, 2017. Vol.13, №1. P. 24 – 29. DOI: 10.1145/3023953. 17. Barannik V., I. Tupitsya, O. Dodukh, V. Barannik and M. Parkhomenko, The Method of Clustering Information Resource Data on the Sign of the Number of Series of Units as a Tool to improve the Statistical Coding Efficiency // 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM) February 26 – March 2, 2019 Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine. P. 3/32-3/36. DOI: 10.1109/CADSM.2019.8779243. 18. Barannik V., Bekirov A., Lekakh A. and Barannik D. A steganographic method based on the modification of regions of the image with different saturation // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer

Science, (TCSET'2018): XIVth Intern conf., (Lviv-Slavske, Ukraine, febr. 23–25, 2018). Lviv-Slavske: 2018. P. 542-545. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336260. **19.** <http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=12#top>. **20.** *Lazarovych I., Melnychuk S., Kozlenko M.* "Optimization of entropy estimation computing algorithm for random signals in digital communication devices," Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 14th International Conference, 2018, pp. 1073-1078. **21.** *Баранник В.В.* Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография / В.В. Баранник, Д.В. Баранник, А.Э. Бекиров. Х.: Издательство «Лидер», 2017. 256 с. **22.** *Barannik V., Tupitsya I., Shulgin S., Sidchenko S. and Larin V.* The application for internal restructuring the data in the entropy coding process to enhance the information resource security // IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Yerevan, Armenia, 2016, pp. 561-565, DOI:10.1109/EWDTS.2016.7807749

Transliterated bibliography:

1. *Salomon D.* "Data compression, image and sound", Trans. from English by V.V. Chepyzhova, M.: Technosphere, 2004, 368 p.
2. *Kudryashov B.D.* "Information theory," St. Petersburg, Peter, 2009, 320 p.
3. *Gonzalez R., Woods R.,* "Digital Image Processing", M.: Technosphere, 2005, 1073 p.
4. *J. Miano,* "Formats and image compression algorithms in action", K.: Triumph, 2013, 336 p.
5. *Pratt W. K., Chen W. H., Welch L. R.,* "Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications." New York: Polytechnic Press, 1969, pp. 63-84.
6. *Miano J.,* "Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP", 1999. 264 p.
7. *Sindeev M., Konushin A., Rother C.,* Alpha-flow for video matting," Technical Report, 2012. pp. 41–46.
8. *Wallace G. K.,* "The JPEG Still Picture Compression Standard," Communication in ACM, vol.34., no. 4, pp. 31-34, 1991.
9. *S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma and W. Gao,* "Utility Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression," in IEEE Transactions on Multimedia, vol. 19, no. 3, pp. 660-667, 2017.
10. *W. J. Tsai and Y. C. Sun,* "Error-resilient video coding using multiple reference frames," IEEE International Conference on Image Processing, Melbourne, VIC, 2013, pp. 1875-1879.
11. *Barannik V., Alimpiev A., Bekirov A., Barannik D., Barannik N.,* "Detections of sustainable areas for steganographic embedding," IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Novi Sad, Serbia: 2017, pp. 555-558, DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110028.
12. *Barannik V., Tupitsya I., Sidchenko S. and Tarnopolov R.* The method of crypto-semantic presentation of images based on the floating scheme in the basis of the upper boundaries // 2nd Intern. scient.-pract. conf. "Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)". Kharkiv, Ukraine. 13-15 Oct 2015. Pp. 248-250. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357326.

13. *Zhang Y., Negahdaripour S. and Li Q.* Error-resilient coding for underwater video transmission. OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, CA, 2016, pp. 1-7.
14. *D. Havrulov* "The analysis of template method of video processing", Proc. IEEE-2015 (AICT'2015), pp. 87 – 89, 2015.
15. *Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M. and Yukin V.,* "Methods of data compression. The device archiver, compression of images and videos," DIALOG MIFI, 2013, 384 p.
16. *Wang, S., Kim, S. M., Yin, Z., & He, T.,* "Encode when necessary: Correlated network coding under unreliable wireless links," ACM Transactions on Sensor Networks, vol.13, no.1, pp. 24 – 29, 2017, DOI: 10.1145/3023953.
17. *Barannik V., I. Tupitsya, O. Dodukh, V. Barannik and M. Parkhomenko,* The Method of Clustering Information Resource Data on the Sign of the Number of Series of Units as a Tool to improve the Statistical Coding Efficiency // 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM) February 26 – March 2, 2019 Polyana-Svalyava (Zakarpattia), Ukraine, pp. 3/32-3/36., DOI: 10.1109/CADSM.2019.8779243.
18. *Barannik V., Bekirov A., Lekakh A. and Barannik D.* A steganographic method based on the modification of regions of the image with different saturation Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, (TCSET'2018): XIVth Intern conf., Lviv-Slavske, Ukraine, 23–25 Feb 2018. pp. 542-545. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336260. [19.http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=12#top](http://sipi.usc.edu/database/database.php?volume=misc&image=12#top).
20. *Lazarovych I., Melnychuk S., Kozlenko M.* Optimization of entropy estimation computing algorithm for random signals in digital communication devices // 14th International Conference "Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)". 2018. Pp. 1073-1078.
21. *Barannik V.V.* Fundamentals of the theory of structurally combinatorial steganographic coding: monograph / V.V. Barannik, D.V. Barannik, A.E. Bekirov. Kharkiv: Publisher "Leader", 2017. 256 p.
22. *Barannik V., Tupitsya I., Shulgin S., Sidchenko S. Larin V.* The application for internal restructuring the data in the entropy coding process to enhance the information resource security // IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS). Yerevan, Armenia. 2016. Pp. 561-565. DOI:10.1109/EWDTS.2016.7807749

Надійшла до редколегії 11.12.2019

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М. **Бараннік Валерій Володимирович**, студент ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: valera462000@gmail.com

Рябуха Юрій Миколайович, д-р техн. наук, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. Наукові інтереси: семантична обробка зображень. Адреса: Україна, 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79, тел. 38 063-5219089, vvbar.off@gmail.com; orcid.org/0000-0001-9821-598x.

Хименко Вікторія Вікторівна, аспірантка ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: vika.iv55@gmail.com

Баранник Дмитрій Владимирович, магістрант ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: d.v.barannik@gmail.com

Примеров Максим Вікторовіч, студент ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Barannik Valeriy, student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: valera462000@gmail.com

Ryabukha Yuriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Combat use of ASC department, Ivan Ko-

zhedub Kharkiv National Air Force University. Address: Ukraine, Kharkiv, Sumska str., 77/79, vvbar.off@gmail.com.

Himenko Viktoriya, graduate student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: vika.iv55@gmail.com

Barannik Dmitriy Vladimirovich, student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: d.v.barannik@gmail.com

Prymierov Maksym, student, Kharkov National University of Radio Electronics. Address: Ukraine 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14.