

DOI: 10.18372/2310-5461.45.14570

УДК 004.942(045)

**В. В. Бараннік**, д-р техн. наук, проф.  
Харківський національний університет  
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба  
orcid.org/0000-0002-2848-4524  
e-mail: vvbar.off@gmail.com;

**Ю. М. Рябуха**, д-р техн. наук  
Харківський національний університет  
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба  
orcid.org/0000-0001-9821-598x  
e-mail: Barannik\_V\_V@ukr.net;

**А. А. Леках**, канд. техн. наук  
Харківський національний університет  
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба  
orcid.org/0000-0003-2848-2593  
e-mail: Barannik\_V\_V@ukr.net;

**О. М. Стеценко**  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0002-2721-8988  
e-mail: son1981@ukr.net;

**О. С. Куліца**, канд. техн. наук  
Національний університет цивільного захисту України  
<https://orcid.org/0000-0003-2589-6520>  
e-mail: okulitsa@gmail.com

## КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ІНТЕНСИВНІСТЮ ВІДЕОТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГНЕНТНОГО ПІДХОДУ

### Вступ

Як свідчать дослідження Cisco, у розвитку світової інформаційно-комунікаційної мережі можна відзначити такі закономірності:

- зростання обсягів даних, що передаються;
- збільшення частки мультимедійних відеоданих у загальному обсязі;
- підвищення вимог до якості відеоконтенту з боку користувачів.

Одночасно з цим спостерігається дисбаланс між ростом обсягів трафіку та швидкістю зростання пропускної здатності каналів мереж. За таких умов випадки перевантаження мереж, і, як наслідок, втрати даних і погіршення якості обслуговування, частішають.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Усі дослідження, які проводяться для вирішення даної проблематики, умовно можуть бути поділені на дві групи.

При цьому першу групу формує сукупність досліджень, спрямованих на вирішення завдання ефективної передачі відеотрафіка на рівні мережеских вузлів. Одночасно з цим, у багатьох випадках даний підхід не є ефективним з тієї причини, що на рівні мережеских вузлів здійснюється частіше за все перерозподіл трафіку та резервування каналів. У той же час, сумарне навантаження на мережу залишається незмінним [1–4].

Друга група досліджень, у свою чергу, пропонує зменшувати обсяг даних, що надходять в мережу, за рахунок вдосконалення технологій кодування. У цьому випадку науковий інтерес являють собою технології, спрямовані на адаптацію інтенсивності відеопотоку до пропускної здатності мережі [5–7].

### Постановка завдання дослідження

Одна з основних проблем, яка потребує вирішення при розробці таких технологій, пов'язана з необхідністю обробки значних обсягів даних у

реальному часі. У цьому випадку можливе вирішення лежить в площині застосування мульти-агентних схем [8–10], інтегрованих у систему кодування відеопотоку на кінцевих вузлах мережі.

### Основна частина

Для реалізації мультиагентної схеми обробки відеоданих пропонується як базовий алгоритм обрати загальний алгоритм MPEG. У цьому випадку система обробки відеоданих умовно буде поєднувати в собі кодек сімейства MPEG і керуючий модуль, який функціонує на базі мультиагентної схеми [2; 3; 9]. У загальному вигляді, крім зменшення обсягу відеоданих, така схема обробки виконує функцію зміни інтенсивності  $\Lambda$  відеоданих, що надходять у мережу, в реальному часі, з забезпеченням необхідного рівня якості,  $Q$  тобто:

$$\Lambda = \varphi_{proc}(Q, C, M); \quad (1)$$

$$t \leq t_{th},$$

де  $t_{th}$  — припустима величина часу обробки;  $\varphi_{proc}$  — функціонал, що описує процес кодування та визначає інтенсивність  $\Lambda$  відеоданих залежно від параметрів та пропускну здатності;  $C$  — множина параметрів базового кодеку;  $M$  — модель обробки.

Незалежно від базової схеми обробки, набір параметрів  $C$  кодеку буде містити у собі ту чи іншу кількість  $\chi$  окремих агентів, кожен з яких виконує функції обробки відеоданих на певному етапі перетворення.

Зокрема, у разі реалізації алгоритму управління інтенсивністю по схемі MPEG, множина агентів буде описуватися наступним виразом:

$$\chi = \{\alpha_{cs}; \alpha_{sd}; \alpha_{op}; \alpha_q; \alpha_{en}; \beta_{gs}\}, \quad (2)$$

де  $\alpha_{cs}$  — агент вибору колірної схеми;  $\alpha_{sd}$  — агент вибору моделі колірної субдискретизації;  $\alpha_{op}$  — агент, відповідальний за процес ортогонального перетворення;  $\alpha_q$  — агент квантування;  $\alpha_{en}$  — агент кодування;  $\beta_{gs}$  — агент формування груп кадрів.

Як можна бачити з формули (2), агенти умовно поділені на групи  $\alpha$  і  $\beta$ . При цьому агенти, які відносяться до групи  $\alpha$  реалізують функції внутрішньокадровим обробки потоку окремих кадрів.

У свою чергу, агент групи  $\beta$  відповідає за побудову групи кадрів певної довжини на етапі формування відеопотоку, інакше кажучи, виконує обробку потоку кадрів у часовій площині.

Однією з функціональних відмінностей даного підходу від традиційних методів обробки є наявність моделі обробки.

У сутності, модель обробки являє собою набір опцій, який буде застосований на кожному з етапів кодування. При цьому такий набір опцій у загальному випадку може містити весь можливий набір параметрів обробки по кожному з агентів.

Застосування моделі обробки дає можливість у ході кодування відеопотоку виконувати підбір відповідних параметрів, потенційно здатних забезпечити оптимальну обробку відповідно до умов (1), а також, за необхідністю, здійснювати додаткову обробку [11–13].

Одночасно з цим, модель обробки може бути застосована до окремих структурних одиниць відеопотоку, зокрема, трансформанти ДКП або їх сукупностей [14–16].

У цьому випадку, також, для реалізації можливості маніпуляції кроком зміни інтенсивності відеопотоку пропонується застосувати окремий механізм вибору розміру множини трансформант, у рамках якої буде здійснюватися обробка.

Тоді вираз (1) може бути подано у наступному вигляді:

$$\Lambda = \varphi_{pa}(\chi, M), \quad (3)$$

де  $\varphi_{pa}$  — функціонал вибору розміру області обробки (*processing area*).

У загальному випадку, до складу моделі обробки необхідно внести набір параметрів, що з тим або іншим ступенем наближення може описати особливості оброблюваного фрагмента відеопотоку, такі, як:

1. Ступінь складності фрагменту  $\theta_{fr}$ . Даний параметр може обчислюватися, як сума різниць максимальних і мінімальних значень пікселів по всіх рядках фрагмента кадру на етапі, що передує ДКП, а саме:

$$\theta_{fr} = \sum_{i=1}^N (\xi_{max} - \xi_{min})_i, \quad (4)$$

де  $N$  — кількість рядків фрагмента кадру;  $\xi_{max}$  та  $\xi_{min}$  — максимальне та мінімальне значення пікселю у рядку.

2. Тип зображення. У загальному випадку модель може передбачати такі типи зображень, як комп'ютерна графіка, фото або їх комбінації.

При цьому, один з можливих механізмів виявлення приналежності кадру до одного з типів передбачає його аналіз на наявність областей, в межах яких діапазон зміни значень компонент у яскравісній та хроматичних площинах не перевищує деякого певного порогу [17–20].

За наявності таких областей і їх суттєвої загальної площі в межах кадру робиться припущення про можливість включення кадру до того чи іншого типу обробки.

3. Структурні особливості фрагмента. Сюди можна віднести такі показники, виявлені в спектральній області, як середня довжина серії двійкових елементів у межах трансформанти ДКП.

Після ініціалізації алгоритму управління, на перших кроках обробки, система функціонує у режимі навчання [21]. При цьому відбувається поступове формування моделі обробки.

Таким чином, формується ряд моделей обробки, які відповідають різним комбінаціям значень параметрів.

У свою чергу, структура моделі обробки буде містити в собі такі поля:

1. Ознакове поле відеокadra. Даний сегмент містить в собі відомості про приналежність кадру до одного з типів.

2. Поле сегментації. У цьому полі містяться відомості про принципи і глибину декомпозиції фрагментів кадру, що надходять на обробку. Іншими словами — алгоритм вибору структурних одиниць відеопотоку для здійснення кодування.

3. Поле параметрів обробки. При цьому кожному агенту буде відповідати окремий набір опцій, залежно від того, на якому етапі у базовому алгоритмі він знаходиться.

4. Поле уточнених параметрів. Тут розміщується набір опцій попереднього кроку обробки, які не задовольняють загальним вимогам обробки відеопотоку за показником помилки, або величиною інтенсивності. Крім набору параметрів обробки, тут містяться отримані при цьому показники помилки і інтенсивності відеопотоку.

5. Поле необхідних показників відеопотоку. В даному полі розміщуються значення рівня допустимої помилки, яка може бути внесена в ході кодування, а також фінальної інтенсивності відеопотоку, яку необхідно забезпечити.

На наступних кроках функціонування методу, при надходженні одного або декількох фрагментів кадру на обробку, виконується пошук найбільш адекватної моделі обробки. Якщо у результаті застосування такої моделі не забезпечується оптимального кодування (за показаннями зниження обсягу даних або величини внесеної похибки), для подальших подібних фрагментів виконується коригування моделі. Таке коригування моделі у загальному випадку включає в себе такі кроки:

– аналіз ступеня відхилення показників помилки і інтенсивності відеопотоку від необхідних значень за умовами надання сервісу;

– пошук параметрів обробки, найбільш наближених до поточних умов (вимоги помилково і інтенсивності, тип кадру) серед існуючих моделей обробки;

– визначення ключових етапів обробки (агентів), корекція яких в знайденої моделі сприяє зміні величин внесеної похибки, а також інтенсивності відеопотоку, до необхідних величин.

Розглянутий підхід дає змогу зменшити час на обробку та зменшити вимоги до обчислювальної потужності апаратної частини. Це досягається за рахунок того, що загальний процес кодування розподіляється на ряд підпроцесів, кожен з яких окремо вимагає меншої обчислювальної потужності для обробки.

### Висновки

Запропоновано концептуальну модель методу кодування відеоданих на рівні джерела, яка побудована на основі мультиагентної схеми. У рамках даної моделі метод реалізований у вигляді поєднання базового відеокодека і керуючого модуля. Даний модуль є безліч окремих агентів, кожен з яких виконує ту чи іншу функцію в складі загальної схеми відеокодування по базовій технології. Дана схема передбачає наступні особливості їх обробки в процесі управління інтенсивністю відеопотоку, як — реалізація функцій обробки на відповідному етапі кодування окремим логічним модулем — агентом; вибір параметрів управління інтенсивністю відеоданих на базі застосування моделей обробки; — динамічна зміна параметрів моделі обробки в ході управління інтенсивністю відеоданих шляхом уточнення параметрів існуючих моделей.

Такий підхід до управління інтенсивністю відео, на відміну від традиційних методів, потенційно здатний забезпечити узгодження параметрів відеопотоку і пропускну здатності мережі за мінімальний час і з мінімальними вимогами до обчислювальної потужності апаратної платформи, на базі якої дана схема реалізується.

### ЛІТЕРАТУРА

1. **Barannik V. V.**, Ryabukha Yu. N., Podlesnyi S.A. Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2017. Vol. 76. No 7. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40.

2. **Barannik V.**, Podlesny S. A., Yalivets K., Bekirov Ali The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword. *Modern Problems of Radio Engineering. Telecommunications and Computer Science (TCSET)*. 13th International Conference. 2016. Pp. 52–54. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7451965.

3. **Barannik V.**, Krasnorutskiy A., Ryabukha Yu. N., Okladnoy D. Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, 13th International Conference. 2016. Pp. 736–738. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452167.
4. **Salomon D.** Data Compression: The Complete Reference. Fourth Edition. Springer-Verlag London Limited, 2007. 899 p.
5. **Richardson Ian.** H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-Generation Multimedia. 2005. Pp. 368.
6. **Vatolin D.**, Ratushnyak A., Smirnov M. and Yukin V. Methods of data compression. The device archiver, compression of images and videos. M.: DIALOG MIFI, 2013. 384 p.
7. **Ablamejko S.V.**, Lagunovskij D.M. Obrabotka izobrazhenij: tehnologija, metody, primenenie. Minsk: Amalfeja, 2000. 303 s.
8. **Tanenbaum A.**, Van Steen M. Distributed systems. Pearson Prentice Hall, 2007.
9. **Barannik V. V., Ryabukha Yu .N., Tverdokhle V. V., Barannik D. V.** Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. *2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT 2017)*. Lviv, 2017. Pp. 188–192. DOI: 10.1109/AIACT.2017.8020096.
10. **Musienko A., Ganjaric J.** Technology of coding of digital aerial photographs taking into account classes of a semantic saturation of blocks in system of air monitoring. *VII Inter University Conference of Students, PhD Students and Young Scientists ["Engineer of XXI Century"]*, 08 December 2016 at the University of Bielsko-Biala (ATH). Bielsko-Biala, Poland. 2016. Pp. 215–220.
11. **Bezubova Yu.** Multi-Agent Distributed Management Information Flows. *Educational resources and technology*. 2015. № 1 (9). Pp. 113–119.
12. **Miano J.** Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP. 1999. 264 p.
13. **Barannik V.**, Bekirov A., Lekakh A., 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. Pp. 542–545. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336260.
14. **Wallace G. K.** The JPEG Still Picture Compression Standard. *Communication in ACM*. 1991. V34. №4. P. 31–34.
15. **Stankiewicz O.**, Wegner K., Karwowski D., Stankowski J., Klimaszewski K., Grajek T. Encoding mode selection in HEVC with theruse of noise reduction. *2017 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*. Poznan, 2017. Pp. 1–6.
16. **Barannik V.**, Alimpiev A., Bekirov A., Barannik D., Barannik N. Detections of sustainable areas for steganographic embedding. *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*. 2017. P. 1–4. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110028.
17. **Christophe E.**, Lager D., Mailhes C. Quality criteria benchmark for hiperspectral imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Sept 2005. Vol. 43. No 9. P. 2103–2114.
18. **Wallace G.K.** Overview of the JPEG (ISO/CCITT) Still image compression: image processing algorithms and techniques. *Processing of the SPIE*. 1990. Vol. 1244. P. 220–233.
19. **Sindeev M.**, Konushin A., Rother C. Alpha-flow for video matting. *Technical Report*. 2012. P. 41–46.
20. **Tsai W. J., Sun Y. C.** Error-resilient video coding using multiple reference frames. *8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*, Pp. 561–564, 2016.
21. **Tsvetkov V.Ya.** Cognitive information models. *Life Science Journal*. 2014. 11(4). Pp. 468–471.

**Бараннік В. В., Рябуха Ю. М., Леках А. А., Стеценко О. М., Куліца О. С.**  
**КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ІНТЕНСИВНІСТЮ ВІДЕОТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ**  
**МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ**

Розкривається сутність функціонування методу обробки відеоданих на рівні джерела на базі використання схеми мультиагентної обробки. У рамках мультиагентного підходу описується принцип функціонування даної системи в умовах необхідності забезпечення оперативного зміни інтенсивності відеопотоку у процесі передачі відеоданих кінцевим користувачам. Проводиться огляд особливостей даної схеми обробки, принцип функціонування інтелектуальних агентів та сутність моделі обробки. Наводяться загальні принципи функціонування мультиагентної системи взагалі, з урахуванням того, що кожен з її функціональних вузлів є інтелектуальним агентом — модулем, що здійснює обробку на одному певному етапі загального технологічного процесу в рамках базової технології. Іншими словами – інтелектуальний агент розглядається як сукупність функцій та інструментів обробки даних, які відносяться до того чи іншого технологічного етапу базової технології. Розкривається сутність застосування моделей обробки в ході кодування відеоданих а також логічно обґрунтовується, що такий підхід сприяє як, з одного боку, зменшенню необхідних обчислювальних ресурсів для системи в цілому, так, з іншого боку, також сприяє підвищенню швидкодії при тих же обчислювальних потужностях. Це досягається, зокрема, за рахунок поділу загальних ресурсів базової платформи між окремими агентами,

тобто, в цьому випадку можливо виконувати паралельні обчислення, а також за рахунок того, що наявність моделі обробки дозволяє мультиагентній системі працювати в двох режимах — основному і режимі навчання. При цьому, у навчальному режимі система виявляє закономірності між особливостями змісту фрагментів відеопотоку, що надходять на обробку, а також набором параметрів кодування для кожного з агентів, які в сукупності забезпечуватимуть оптимальну обробку. Розглядається функціонування вузлів даної системи, реалізованої на основі базового алгоритму MPEG.

**Ключові слова:** мультиагентна обробка; інформаційна інтенсивність; відеопотік.

**Barannik V., Ryabukha Y., Lekah A., Stetsenko O., Kulitsa O.**  
**METHODOLOGICAL BASE FOR TRANSFORMANTS REPRESENTATION IN**  
**NONEQUILIBRIUM POSITIONAL UNEVEN-DIAGONAL SPACE**

*Revealed the method of video data processing at the source level operation conceptual essence, based on the multi-agent processing scheme. In the framework of multi-agent approach, the principle of this system operation described in the conditions of necessity to ensure a rapid change of video stream intensity in the process of transmitting video data to end users. An overview of the features of this processing scheme, the principle of intelligent agents functioning and the essence of the processing model are conducted. The general principles of multiagent system functioning are given, considering that each of its functional units is an intellectual agent - a module that performs processing at one particular stage of the general technological process within the framework of basic technology. In other words, an intellectual agent is seen as a set of functions and tools for data processing, and it refers to one or another technological stage of the underlying technology. The essence of application of processing models in the course of video data encoding is revealed, and it is also logically substantiated that such an approach contributes both to reducing the necessary computing resources for the system as a whole and, on the other hand, also contributes to increasing the performance at the same computing capacities. This is achieved, in particular, by dividing the shared resources of the base platform between the individual agents, that is, in this case it is possible to perform parallel computations, and by the fact that the presence of a processing model allows the multiagent system to operate in two modes - the main and the training mode. In the training mode, the system detects regularities between the content features of the video stream fragments that are received for processing, as well as a set of coding parameters for each of the agents, which together will ensure optimal processing. The functioning of the nodes of this system, implemented on the basis of the basic MPEG algorithm is considered.*

**Keywords:** multi-agent processing; information intensity; video-stream.

**Баранник В. В., Рябуха Ю. М., Леках А. А., Стеценко О. Н., Кулица О. С.**  
**КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ВИДЕОТРАФИКА**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА**

*Раскрывается сущность функционирования метода обработки видеоданных на уровне источника на базе использования схемы мультиагентной обработки. В рамках мультиагентного подхода описывается принцип функционирования данной системы в условиях необходимости обеспечения оперативного изменения интенсивности видеопотока в процессе передачи видеоданных конечным пользователям. Проводится обзор особенностей данной схемы обработки, принцип функционирования интеллектуальных агентов и сущность модели обработки. Приводятся общие принципы функционирования мультиагентной системы вообще, с учетом того, что каждый из ее функциональных узлов является интеллектуальным агентом - модулем, который осуществляет обработку на одном определенном этапе общего технологического процесса в рамках базовой технологии. Другими словами - интеллектуальный агент рассматривается как совокупность функций и инструментов обработки данных, которые относятся к тому или иному технологическому этапу базовой технологии. Раскрывается сущность применения моделей обработки в ходе кодирования видеоданных, а также логически обосновывается, что такой подход способствует как, с одной стороны, уменьшению необходимых вычислительных ресурсов для системы в целом, так, с другой стороны, также способствует повышению быстродействия при тех же вычислительных мощностях. Это достигается, в частности, за счет разделения общих ресурсов базовой платформы между отдельными агентами, то есть, в этом случае можно выполнять параллельные вычисления, а также за счет того, что наличие модели обработки позволяет мультиагентные системе работать в двух режимах - основном и режиме обучения. При этом, в учебном режиме система выявляет закономірності между особенностями содержания фрагментов видеопотока, поступающих на обработку, а также набором параметров кодирования для каждого из агентов, которые в совокупности обеспечивают оптимальную обработку. Рассматривается функционирование узлов данной системы, реализованной на основе базового алгоритма MPEG.*

**Ключевые слова:** мультиагентная обработка; информационная интенсивность; видеопоток.

Стаття надійшла до редакції 28.01.2020 р.  
Прийнято до друку 23.02.2020 р.