

## ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМІВ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВОГО ВІДЕО ДЛЯ МЕРЕЖ З НЕСТАБІЛЬНОЮ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ

Зінченко А.В., Горна О.В.

*Інститут транспортних систем і технологій НАН України, Україна*

**Анотація.** *Розглянуто деякі питання розробки перспективних алгоритмів стиснення відеопотоку, здатних надійно передавати дані за наявності значних коливань пропускної здатності та в умовах застосування засобів радіоелектронної боротьби. Запропоновано модифікацію технології стиснення відеопотоку MJPEG, що адаптована для мереж з мінливою та нестабільною пропускною здатністю. Розроблені в рамках даної роботи алгоритми дозволяють використовувати стандартний код як декодера MJPEG на клієнтській стороні, так і енкодера на серверній. Працездатність та надійність запропонованого алгоритму передавання відеопотоку MJPEG була випробовувана в польових умовах. За допомогою розробленого транскодера виявилось можливим передавати достатньо стабільне зображення з дрона через мережу WiFi в умовах наявності в ефірі імпульсних перешкод.*

**Ключові слова:** *відеоспостереження, системи відеомоніторингу, стиснення відео, алгоритми передачі відео, системи передачі відео в умовах радіоелектронної боротьби.*

Вантажні перевезення, організація пасажирського транспорту, робота спеціальної, військової та сільськогосподарської техніки потребують чіткого контролю та нагляду, що може бути реалізовано впровадженням відеокамер спостереження. В умовах воєнного часу на перший план виходять проблеми якості та надійності передачі зображення. В свою чергу, забезпечення надійності передавання відео в реальних умовах залежить від параметрів самої мережі передачі.

Три найважливіші фактори визначають якість відеозв'язку та потокового відео – це пропускна здатність мережі, показники втрати пакетів та їх затримки. Наявність достатньої пропускної здатності мережі і відсутність втрат пакетів є критичними параметрами, що впливають на якість передачі. Низька пропускна здатність мережі, навіть короткочасна, може спричинити появу артефактів або спотворення відео. У разі порівняно тривалої нестачі пропускної здатності передача відеопотоку може бути повністю перервана.

Характеристики смуг пропускання, доступних для потокового відео в мобільних та фіксованих мережах, зазвичай відрізняються. У той час як у стаціонарних мережах у деяких випадках можливо замовити канал з гарантованою пропускну здатністю, українські мобільні оператори взагалі не пропонують такої можливості. Середня швидкість мобільного інтернету в сучасній Україні сприймається як вища за середньоєвропейську для мереж такої ж якості, але відсутність покриття 3G і 4G за межами міст зумовлює низьку актуальну швидкість передачі даних. Проблема загострюється через наявність імпульсних перешкод або загальну нестабільність мереж телекомунікаційних операторів, особливо в районах, прилеглих до зони бойових дій.

Для клієнтів поза зоною покриття 4G або 3G передача відеопотоку навіть з низькою роздільною здатністю стає практично неможливою, особливо в напрямку від клієнта ("upload") [1]. Аналогічна проблема виникає в умовах змінної смуги пропускання, коли її середнє значення близьке до мінімально необхідного для конкретного кодеку стиснення. Отже, розробка та адаптація алгоритмів стиснення та стабільної передачі відеопотоку за наявності значних коливань пропускну здатності залишатися серйозною проблемою, актуальність якої особливо зросла під час війни.

Існуюча технологія стиснення відеопотоку формату MJPEG була адаптована для мереж з мінливою та нестабільною пропускну здатністю [2], що дозволило отримувати задовільну якість зображення під час ретрансляції відеопотоку з IP-камер через радіомережі в умовах нестабільної мережі за наявності імпульсних перешкод.

Модифікований алгоритм енкодера [2, 3] виконується на серверній частині, що дозволяє використовувати стандартні декодери на стороні клієнта, наприклад, вбудовані у браузер Firefox або Chrome. В той же час при необхідності використання іншої серверної частини буде потрібно заново імплементувати програмні модифікації.

В рамках даного дослідження запропоновано альтернативний функціонально аналогічний підхід типу "man-in-the-middle", що може бути

реалізований у вигляді додаткового коду javascript без необхідності внесення змін в серверну частину MJPG-streamer або іншого потокового сервера. Даний підхід ґрунтується на тому факті, що керування з'єднанням функціонально не пов'язано з кодуванням відеопотоку, таким чином алгоритм керування з'єднанням може бути вбудований у код вебсторінки, що асоційована з модулем output\_http. Функціональна схема javascript-коду наведена на рис. 1.

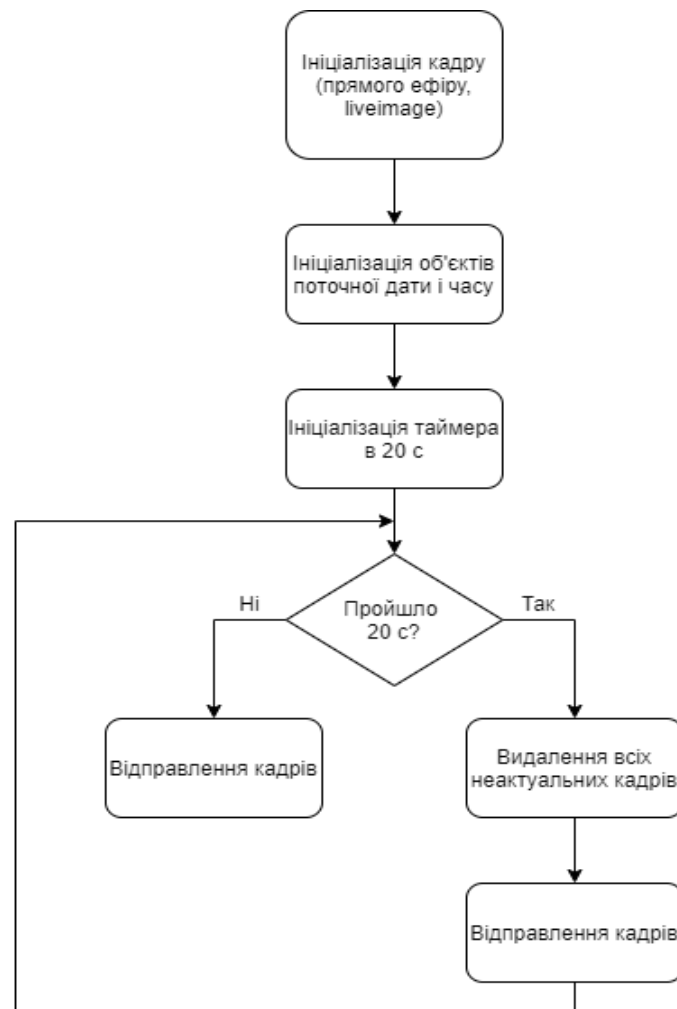


Рис. 1. Блок-схема javascript-коду керування з'єднанням

Алгоритм керування з'єднанням використовує таймер, при спрацюванні якого перевіряється наявність в буфері неактуальних кадрів, що можливо там зберігаються деякий час через несвоєчасну відправку даних при тимчасовому зниженні пропускнуої здатності транспортної мережі. При наявності неактуальних кадрів вони видаляються, тим самим проводиться актуалізація даних у буфері. Одночасно з'єднання клієнта з сервером розривається, та

ініціюється повторно. Після чого процес повторюється, поки наявні дані для передачі. На практиці значення часу таймера достатньо задавати в проміжку 10-20 секунд.

Після розриву з'єднання та повторного підключення клієнта йому передаються актуальні JPG-фрейми.

Дана модифікація алгоритму значно простіше в реалізації. До її недоліків можна віднести регулярний розрив з'єднання за таймером, що в принципі не спричиняє візуального дискомфорту при перегляді, а також можливість перегляду тільки за допомогою Інтернет-браузера. При перегляді у плеєрах javascript-код виконуватися не буде.

Працездатність та надійність запропонованого алгоритму передавання видоєпотоків MJPEG була випробовувана в польових умовах. За допомогою розробленого транскодера виявилось можливим передавати достатньо стабільну „картинку” з дрона через мережу WiFi в умовах наявності в ефірі імпульсних перешкод.

Технологія також може бути успішно застосована в мережах супутникового зв'язку Starlink, що в деяких умовах мають проблеми з доставкою контенту за протоколами RTSP.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Testing IP Video - Super Low Bandwidth [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://ipvm.com/reports/test-ip-video-over-super-low-bandwidth>
2. Зінченко А.В., Благій О. Ю. Адаптація технологій стиснення відео для мереж зі змінною та нестабільною пропускною здатністю. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 14-16 грудня 2022р.). Київ: ДП ДержавтотрансНДІпроект. 2023. С. 168-172.
3. V. Khilenko, M. Galinski, A. Zinchenko and V. Danylov, "Improving the Quality of Automated Vehicle Control Systems Using Video Compression Technologies for Networks with Unstable Bandwidth," 2023 Communication and Information Technologies (KIT), Vysoke Tatry, Slovakia, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/KIT59097.2023.10297066

## ON DEVELOPMENT OF A STREAMING VIDEO TRANSMISSION ALGORITHM FOR THE NETWORKS WITH UNSTABLE BANDWIDTH

Andrii Zinchenko, Olga Gorna

**Abstract.** *Some questions of development of advanced video transmission algorithms that could robustly operate in the electronic warfare conditions are considered. The technology of adaptation of MJPEG compressed video stream for the networks with variable and unstable bandwidth is proposed. The new approach where connection control is separated from encoder basing on man-in-the-middle scenario is developed. In this case it became possible to preserve not only standard decoders on the client side, but the encoder code on the server side as well. The performance and reliability of the proposed MJPEG transmission algorithm was demonstrated in the field tests. The MJPEG transcoder based on developed algorithm demonstrated sufficiently stable video stream from the drone via WiFi network in the presence of impulse signal jamming.*

**Keywords:** *Video Surveillance, CCTV, Video Compression, Real-Time Video Monitoring, Electronic Warfare Resistant Video Transmission.*

### REFERENCES

1. Testing IP Video - Super Low Bandwidth: <https://ipvm.com/reports/test-ip-video-over-super-low-bandwidth>
2. Zinchenko A., Blagii O. Adaptation of video compression technologies for the networks with variable and unstable bandwidth. Prospects for the development of road transport and infrastructure: Book of Abstracts (Kyiv, 14-16 December 2022). Kyiv:DergavtotransNDIproect. 2023. P. 168-172.
3. V. Khilenko, M. Galinski, A. Zinchenko and V. Danylov, "Improving the Quality of Automated Vehicle Control Systems Using Video Compression Technologies for Networks with Unstable Bandwidth," 2023 Communication and Information Technologies (KIT), Vysoke Tatry, Slovakia, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/KIT59097.2023.10297066