

ЗАТРИМКИ ВИКОНАННЯ КОМАНД ПІД ЧАС УПРАВЛІННЯ БЕЗПРОВОДОВОЮ МЕРЕЖЕЮ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Бондаренко В.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського,
Україна.

E-mail: vadym.bondarenko@nure.ua

Abstract

Command execution delays in wireless video surveillance management are a critical issue impacting system response speed and reliability. These delays are primarily caused by network congestion, signal interference, and bandwidth limitations, affecting key functions like video stream initiation, real-time camera control, and system status monitoring. This paper examines the root causes of these delays and evaluates solutions, including command prioritization, adaptive timing, and load balancing.

Затримки виконання команд при управлінні безпроводовими мережами відеоспостереження є серйозною проблемою, яка може погіршити швидкість реагування і надійність систем відеоспостереження. Ці затримки, як правило, спричинені такими факторами, як перевантаження мережі, перешкоди сигналу, обмеження пропускну здатності, а іноді навіть погане визначення пріоритетів команд у мережі. Через ці проблеми команди, що мають значення для безперервного відеоспостереження, такі як запуск відеопотоку, управління камерами в режимі реального часу та моніторинг стану системи, можуть виконуватися із затримкою, що може призвести до пропусків кадрів, зниження якості зображення та уповільнення реакції на інциденти [1]. У середовищі відеоспостереження з високими ставками, де точність у реальному часі є надзвичайно важливою, будь-яка затримка може поставити під загрозу всю систему.

Перевантаження мережі є основною причиною затримок, які зазвичай виникають, коли кілька пристроїв намагаються одночасно отримати доступ до одного безпроводового каналу. У системах відеоспостереження, особливо в умовах високої щільності, значний обсяг даних безперервно передається з декількох камер. Це навантаження на мережу може перевищувати доступну пропускну здатність, що призводить до утворення черг пакетів і затримок передачі [2]. Перешкоди сигналу, часто викликані перекриттям каналів сусідніх мереж або фізичними перешкодами в навколишньому середовищі, ще більше посилюють ці затримки, знижуючи чіткість сигналу, змушуючи пакети передаватися повторно і сповільнюючи передачу даних. Крім того, обмежена пропускну здатність стандартної мережі Wi-Fi стає вузьким місцем для обробки відеоданих високої роздільної здатності, посилюючи вплив затримок [3].

Певні команди, особливо ті, що вимагають негайного зворотного зв'язку, більш схильні до затримок. Ініціювання відеопотоку, передача зображення в реальному часі, команди управління панорамуванням, нахилом і зумом (Pan-Tilt-Zoom, PTZ) для камер з можливістю регулювання, а також сигнали моніторингу стану є одними з найбільш чутливих. Оскільки ці команди є невід'ємною частиною як запису, так і дій негайного реагування, будь-яка затримка може перервати моніторинг в реальному часі, затримуючи виявлення подій безпеки і реагування на потенційні інциденти. Команди, пов'язані з перевіркою стану системи або попередженнями про проблеми, такі як повідомлення про вимкнення камери або проблеми з мережевим з'єднанням, також чутливі до затримок, оскільки повільне надходження повідомлень може затримати пошук і усунення несправностей, що призводить до тривалих простоїв.

Одним з рішень є визначення пріоритетів команд на основі їхньої критичності, що передбачає встановлення вищого пріоритету для сигналів управління та моніторингу в реальному часі

порівняно з тими, які можуть терпіти незначні затримки, наприклад, оновлення системи або планові перевірки. Цього можна досягти шляхом впровадження протоколу пріоритезації команд, який призначає пріоритети різним типам даних, таким чином гарантуючи, що критичні дані мають зарезервовану смугу пропускання для обходу перевантажених каналів [4]. Іншою стратегією є коригування конфігурації мережі, оскільки перемикання на менш перевантажені канали або збільшення потужності сигналу може зменшити вплив перешкод і підтримати більш плавний потік даних. Деякі системи також використовують дводіапазонний Wi-Fi (2,4 ГГц і 5 ГГц), щоб розділити трафік на різні частоти, де одна смуга призначена для важливих даних спостереження, а інша – для обробки нетермінових команд і фонових процесів.

Використання адаптивних стратегій синхронізації може допомогти ще більше зменшити вплив затримок. Адаптивна синхронізація передбачає динамічне коригування часу виконання команд на основі навантаження на мережу та виявлених затримок, що зменшує ймовірність перекриття команд і підвищує оперативність реагування в реальному часі [5]. Наприклад, замість того, щоб видавати всі команди одночасно, механізм адаптації часу може затримувати низькопріоритетні команди під час високого трафіку, випускаючи їх поступово, щоб уникнути непотрібних черг. Адаптивні стратегії синхронізації особливо важливі в непередбачуваному середовищі з високим трафіком, де вони мінімізують вплив раптових сплесків заторів. Аналогічно, адаптація синхронізації команд може працювати разом з іншими методами, такими як коригування конфігурації мережі, для створення багаторівневого підходу, який забезпечує мінімальну затримку за різних умов.

Ще одним аспектом, який слід враховувати, є оптимізація розміщення камер і проектування мережевої інфраструктури, оскільки стратегічне розміщення пристроїв може зменшити перешкоди і підвищити швидкість передачі даних. Розміщення камер у місцях з прямою видимістю до точок доступу мінімізує ймовірність ретрансляції даних через перешкоди, в той час як адекватний розподіл точок доступу по зоні покриття допомагає підтримувати високий рівень сигналу.

Усуваючи основні причини затримок виконання команд - перевантаження мережі, перешкоди, обмеження пропускну здатності – за допомогою таких стратегій, як визначення пріоритетів команд, адаптивних таймінгів та балансування навантаження, можна мінімізувати затримки в мережах відеоспостереження.

Література

1. Miller R., Thompson P. Network Congestion and Signal Interference in Wi-Fi-Based Surveillance Systems. *IEEE Transactions on Wireless Communications*. 2020. 38 p.
2. Anderson J., Brown T. Command Execution Delays in Wireless Video Surveillance Networks: Causes and Mitigation Strategies. *Journal of Network and System Management*. 2019. 52 p.
3. Roberts K., Williams S. Dual-Band Wi-Fi and Load Balancing for High-Density Video Surveillance Networks. In: *Proceedings of the International Conference on Wireless Networks*, 2022. p. 58-64.
4. Baker L., Collins J. Optimizing Command Response in Wireless Video Surveillance Systems. *Journal of Applied Networking Research*. 2023. 29 p.
5. Johnson D., Evans M. Adaptive Timing and Command Prioritization for Real-Time Video Surveillance over Wi-Fi. *International Journal of Surveillance Technology*. 2021. 42 p.