

СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

Лебедев П. В.¹, Живодерников А. Ю.²

DOI:10.21681/3034-4050-2026-5-67-76

Ключевые слова: конфиденциальный сегмент сети, нейросетевое сжатие, информационная безопасность, пропускная способность каналов связи, ситуационная осведомленность, периферийные вычисления, компьютерное зрение, сегментация сетей, мультиплексирование, радиоэлектронная борьба, беспилотные летательные аппараты, автоматизированное целеуказание.

Аннотация

Цель работы состоит в фундаментальном анализе, систематизации и разработке концептуальных подходов к организации функционирования систем видеотрансляции и видеонаблюдения, а также в обосновании путей интеграции систем искусственного интеллекта в контур управления войсками в реальном масштабе времени в условиях высокоинтенсивного конфликта.

Метод исследования включает системный анализ архитектур сетей передачи данных, структурно-функциональное моделирование компонентов систем видеотрансляции, сравнительную оценку программных комплексов агрегации видеопотоков, а также исследование методов адаптивного сжатия, мультиплексирования и бортовой нейросетевой обработки видеоинформации в условиях дефицита пропускной способности и воздействия средств радиоэлектронной борьбы.

Результаты исследования: обобщен опыт группировки войск «Запад» по интеграции более 100 стационарных комплексов и сотен тактических беспилотных летательных аппаратов в единое информационное пространство. Выявлены критические зависимости качества управления от пропускной способности каналов связи. Доказана эффективность применения отечественных программных решений («Астра-С», «TrueConf») с различными алгоритмами кодирования. Проведен эксперимент с кодеком NeuroVideoCodec в радиосетях «Азарт», подтвердивший возможность передачи разборчивого видео по каналам низкого качества.

Обоснована необходимость перехода от физической маскировки серверов к распределенному выделению ресурса пропускной способности и внедрению бортовых систем компьютерного зрения на разведывательных беспилотных летательных аппаратах для снижения нагрузки на каналы связи и автоматизации целеуказания.

Научная новизна заключается в разработке комплексного концептуального подхода к организации видеотрансляции, сочетающего строгую сегментацию сетей передачи данных, адаптивное мультиплексирование потоков, применение нейросетевых алгоритмов сжатия для преодоления последствий воздействия средств радиоэлектронной борьбы противника, а также в формализации принципов интеграции систем искусственного интеллекта на периферийных узлах (борту БПЛА) для реализации концепции «интеллектуального края» (intelligentedge) в тактическом звене.

Введение и постановка задачи

Опыт военных действий в ходе проведения специальной военной операции (СВО) фундаментально трансформировал парадигму организации связи и автоматизированных систем управления (АСУ). Видеонаблюдение и видеотрансляция эволюционировали из вспомогательной функции инженерной и тактической разведки в одну из базовых, критически важных услуг, предоставляемых должностным лицам для непрерывного контроля за тактической обстановкой, верификации данных разведки и управления боем в реальном масштабе времени.

Постановка задачи исследования обусловлена необходимостью синтеза разрозненного

опыта применения видеоинформационных систем в войсках, глубокого анализа архитектурных решений сетей передачи данных (СПД) и выработки унифицированных, научно обоснованных способов организации функционирования систем видеотрансляции [1].

Современный общевойсковой бой характеризуется высочайшей динамикой, тотальным применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) всех классов, а также жестким и непрерывным противодействием средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) противника. В этих условиях традиционные подходы к построению замкнутых, централизованных систем видеонаблюдения оказываются нежизнеспособными. Требуется гибкая, масштабируемая, живучая

¹ Лебедев Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедр Военной академии связи, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: spirit-angel@yandex.ru

² Живодерников Александр Юрьевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры Военной академии связи, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sabir.81@mail.ru

и защищенная инфраструктура, способная агрегировать видеопотоки с тысяч источников (стационарных камер, тепловизоров, тактических и оперативно-тактических БПЛА) и доставлять их на пункты управления (ПУ) различного уровня с минимальными задержками, динамически адаптируясь к деградирующим условиям среды распространения радиосигнала.

Основные понятия и состав системы военной видеотрансляции

В военно-техническом контексте «военная видеотрансляция» определяется не просто как процесс передачи видеосигнала, а как непрерывный, надежный и защищенный поток мультимедийных данных, формирующий единое информационно-управляющее поле тактического и оперативного звена. В отличие от гражданских аналогов, военная видеотрансляция жестко лимитирована требованиями информационной безопасности, пропускной способности защищенных каналов связи и необходимостью функционирования в условиях активного огневого и радиоэлектронного противодействия.

Структурно-функциональный состав системы видеотрансляции в интересах управления войсками подразделяется на четыре взаимосвязанных уровня (подсистемы):

1. Подсистема источников формирования видеопотока (периферийный уровень). Включает в себя стационарные комплексы видеонаблюдения («Сапсан», «Муром», «Горизонт»), тепловизионные камеры, а также бортовые полезные нагрузки БПЛА всех классов (от FPV-дронов до аппаратов оперативно-тактического назначения). На этом уровне все чаще начинают внедряться модули первичной предобработки данных.
2. Транспортная подсистема (канальный уровень). Обеспечивает доставку видеопакетов от источников до узлов агрегации. Включает себя проводные линии связи, радиорелейные линии, спутниковые каналы, а также широкополосные радиосети (например, «Азарт-ШПС»).
3. Подсистема агрегации, коммутации и хранения (серверный уровень). Серверные комплексы, осуществляющие прием, декодирование, маршрутизацию, мультиплексирование и архивирование видеопотоков. Обеспечивает разделение потоков по уровням секретности (открытый и конфиденциальный сегменты СПД).
4. Подсистема отображения, анализа и принятия решений (уровень пунктов управления). Аппаратно-программные комплексы на рабочих местах операторов и командиров, включая

видеостены, специализированное ПО для вывода множественных потоков, средства интеграции видео с тактическими планшетами и системами управления огнем.

Принципиальные подходы в организации видеотрансляции

Анализ опыта группировки войск «Запад» (ГВ «Запад») и других объединений позволяет сформулировать четыре принципиальных подхода к организации функционирования систем видеотрансляции в современных условиях:

Первый подход: строгая сегментация по уровню защищенности информации. Маршрутизация видеопотоков жестко привязывается к архитектуре СПД Министерства обороны РФ. Для БПЛА оперативно-тактического назначения (Форпост, Иноходец) и критически важных стационарных узлов вывод изображения обеспечивается исключительно в конфиденциальном сегменте сети передачи данных (КС СПД) с использованием аппаратуры защиты информации (АЗИ), таких как АПКШ «Континент» и межсетевых экранов (МЭ) «Дионис». Для тактического звена (Mavic, Орлан, Зала) и линейных камер допускается использование открытого сегмента (ОС СПД) с интеграцией в транспортные сети группировок войск.

Второй подход: эшелонирование по классам БПЛА и задачам. Серверное оборудование условно делится на две функциональные группы: серверы для агрегации данных со стационарных комплексов (обеспечивающие постоянный мониторинг за обстановкой на местности) и серверы для вывода изображения с БПЛА (обеспечивающие динамическую тактическую разведку). Такое разделение позволяет оптимизировать нагрузку на магистральные каналы и применять различные алгоритмы кодирования для статичных и динамичных сцен.

Третий подход: адаптивность к деградации каналов связи. В условиях применения противником средств РЭБ пропускная способность каналов может падать на порядки. Принципиальным подходом становится использование программного обеспечения с адаптивным битрейтом (например, «TrueConf», способное передавать поток 640x480 при 300-500 кбит/с) и внедрение специализированных кодеков (NeuroVideoCodec), сохраняющих разборчивость изображения на границе Шеннона.

Четвертый подход: физическое и логическое рассредоточение (живучесть). Развернутые элементы системы видеонаблюдения являются приоритетными целями для высокоточного оружия и FPV-дронов противника. Помимо инженерной маскировки, принципиальным подходом

становится логическое разделение: физические камеры и простые узлы ввода устанавливаются на передовых позициях, а мощные вычислительные серверы и пункты анализа выносятся в глубокий тыл [2]. Доступ к видео осуществляется удаленно через выделенный ресурс пропускной способности, что минимизирует риски потери управления при поражении передовых узлов.

Аппаратные средства и серверная инфраструктура

В Объединенной группировке войск применяется более 1100 комплексов видеонаблюдения. Основные технико-эксплуатационные данные некоторых из них представлены в таблице 1.

Так, например, по состоянию на текущий период, в ГВ «Запад» из 177 комплектов видеонаблюдения к транспортной сети подключены 157. Вывод изображения с камер обеспечивается серверами «Интеллект-Х» и «Астра-С» общей

емкостью 4158 каналов. Вывод изображения с БПЛА тактического звена осуществляется через стационарный сервер «TrueConf» (емкость 2607 учетных записей). В среднем серверами видеотрансляции обрабатывается до 29 Тбайт трафика ежемесячно.

Сравнительный анализ программного обеспечения

Анализ использования программного обеспечения по выводу видеоизображения от БПЛА показал, что на сегодняшний день наиболее хорошо себя зарекомендовали «TrueConf» (рис. 1) и «Астра-С» [6]. При этом ПО «Линия» и «Глаз/Гроза» используются в основном подразделениями разведки, артиллерии и подразделениями БПЛА, а для взаимодействия с пунктами организации видеотрансляции в качестве мессенджера для переписки текстовыми сообщениями используется сервер PostLink.

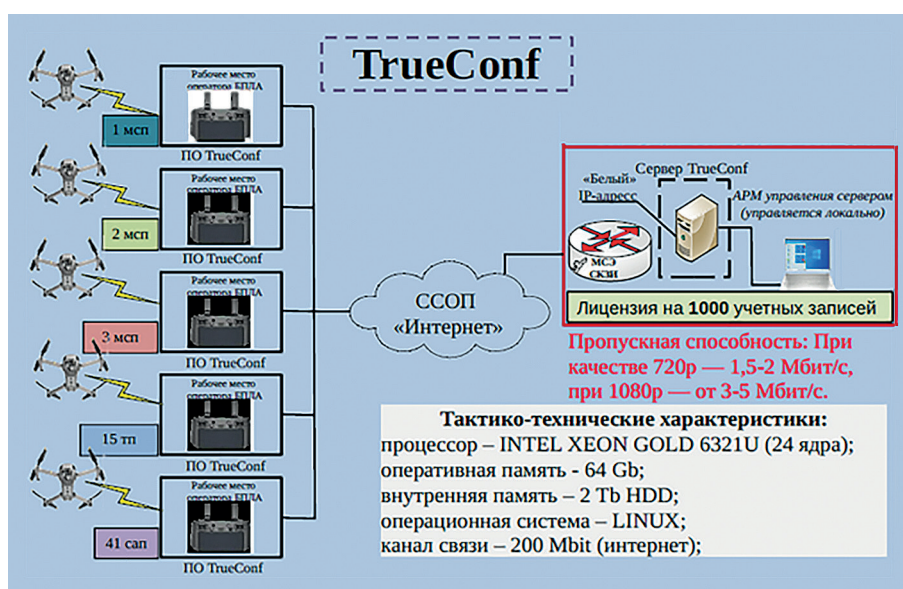


Рис. 1. Система видеотрансляции «TrueConf»

Технико-эксплуатационные данные комплексов видеотрансляции

Таблица 1

Показатель	Сапсан	Сапсан-С	МК ВТр	Starview	Hikvision
Дальность обнаружения целей видеокамерой:					
человек	до 6,8 км	до 6 км	до 3 км	до 3 км	до 3 км
автомобиль	до 19 км	до 9 км	до 5 км	до 5 км	до 5 км
Дальность обнаружения целей тепловизором:					
человек	до 4 км	до 4 км	нет	до 3 км	нет
автомобиль	до 10 км	до 10 км		до 5 км	
Масса, кг	45	11	2	9	10
Стоимость, руб	7 млн	6,5 млн	9,4 млн	2,3 млн	1 млн

Положительные стороны ПО «TrueConf»:

- наличие собственного сервера и дежурной смены, осуществляющей мониторинг его работы и решение проблем пользователей после их авторизации;
- высокое качество трансляции с БПЛА и комплексов видеонаблюдения;
- наличие голосового чата;
- возможность объединить подразделения в единое информационное пространство;
- возможность настройки кластера с серверами других группировок;
- пользователи самостоятельно могут менять пароли для входа в свои учетные записи;
- изображение адаптируется под пропускную способность оконечного оборудования, тем самым при разрешении 640x480 поток передается при 300–500 кбит/с пропускной способности [7], что отсутствует в других программных решениях, предоставляемых для трансляций в группировках, типа «Глаз/Гроза», «Астра-С».

Проработаны различные способы вывода видеотрансляции с БПЛА на пункты управления, в том числе:

- для смартфона с подключением по кабелю к пульту управления БПЛА;
- для пульта управления со своей операционной системой;
- для пульта управления со своей операционной системой с выводом через модуль видеозахвата;
- для пульта управления с VR-очками.

Кроме того, разработан способ вывода дополнительного изображения с пульта управления БПЛА на отдельный источник для передачи видеосигнала со схемой распайки штатного кабеля.

На пункте управления данные с БПЛА выводятся на видеостену, причем реализованы варианты вывода одновременно с большого числа источников, по принципу единой среды обмена видеоданных (рис. 2).

Отрицательные стороны ПО «TrueConf»:

- отсутствие двухфакторной аутентификации;
- отсутствие общей выкладки трансляций всех подразделений и фильтра для нужд пунктов управления;
- невозможность мониторинга сессий абонентов и выявления подозрительной активности.

Положительные стороны ПО «Астра-С» (рис. 3):

- высокое качество трансляций с БПЛА и комплексов видеонаблюдения;
- сервер с пропускной способностью 10 Гбит/с, позволяющий организовывать вывод более чем с 250 источников одновременно и обеспечивающий просмотр трансляций более 1000 пользователям;
- дежурная смена, работающая в круглосуточном режиме и осуществляющая мониторинг работы ПО, решение проблем пользователей (после их авторизации) и возможностью связи по АТС-Р;
- реализация панели администратора с возможностью мониторинга сессий абонентов, позволяющей определять провайдера, локацию,

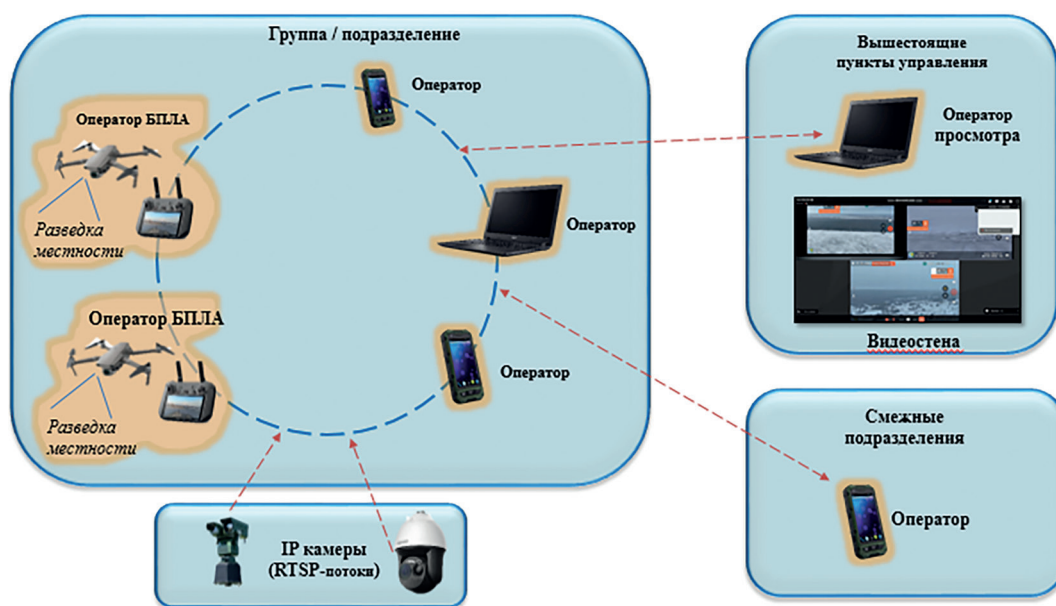


Рис. 2. Организация вывода изображения с БПЛА с использованием сервера «TrueConf»

- IP-адрес устройства, выявлять подозрительную активность;
- иерархия подразделений и возможность получения доступа к трансляциям взаимодействующих подразделений;
- удобный клиент-сервис с поддержкой всех актуальных прошивок, применяемых на пультах БПЛА;
- настраиваемая выкладка трансляций всех подразделений с фильтром в интересах должностных лиц ПУ;
- наличие двухфакторной аутентификации[4].

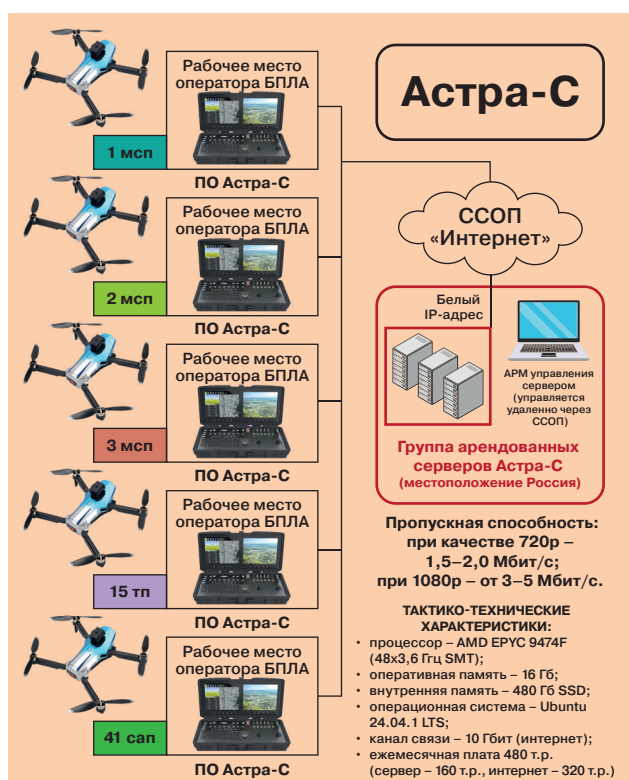


Рис. 3. Система видеотрансляции Астра-С

Хорошее качество трансляции при использовании ПО «Астра-С» достигается тем, что в нем практически не применяется сжатие видеопотока, что в свою очередь приводит к значительному увеличению используемого трафика.

Отрицательные стороны ПО «Астра-С»:

- отсутствие голосового чата (находится в стадии тестирования);
- отсутствие собственного сервера с пропускной способностью не ниже 10 Гбит/с (подключены к центральному серверу «Астра-С»).

Анализ трафика в ГВ «Запад» (около 300 одновременных трансляций) показал, что каждая трансляция в «Астра-С» занимает около 4 Мбит/с ресурса пропускной способности. Общий трафик трансляций составляет 1,23 Гбит/с.

Загрузка сервера достигает 7,2 Гбит/с. В то же время, в ПО «TrueConf» из 2607 выданных учетных записей в режиме онлайн одновременно находится около 1100 пользователей, что обусловлено сменным графиком и адаптивным битрейтом.

Способы и маршруты доставки видеопотоков на пункты управления

Организация бесперебойной доставки видеoinформации от источников формирования (передовых позиций) до пунктов управления (ПУ) различного уровня является сложной телекоммуникационной задачей. Успешность ее решения зависит от выбранной сетевой топологии, методов съема сигнала на передовом крае и алгоритмов распределения полосы пропускания. В Объединенной группировке войск (сил) маршрутизация видеопотоков формализована и осуществляется по двум принципиально различным сценариям, в зависимости от класса беспилотных систем и уровня конфиденциальности передаваемой информации.

Первый способ: маршрутизация в конфиденциальном сегменте СПД (КС СПД).

Применяется для комплексов и БПЛА оперативно-тактического назначения (например, «Форпост», «Иноходец»), передающих критически важную разведывательную информацию.

Алгоритм доставки данных имеет следующий вид:

1. Наземная станция управления (НСУ) БПЛА подключается к транспортной сети через специализированные МЭ «Дионис» или комплексы связи, имеющие в своем составе данные МЭ.
2. Видеопоток шифруется с использованием аппаратуры криптографической защиты информации (АПКШ «Континент») [3].
3. Трафик передается по выделенным защищенным каналам в конфиденциальный сегмент сети передачи данных Минобороны России (КС СПД).
4. На стороне приема видеопоток декодируется и агрегируется на серверах, таких как «Сапфир» (производства «Протей-СТ») или высокопроизводительных узлах «Астра-С».

Достоинства: высокий уровень защищенности от несанкционированного доступа и перехвата.

Недостатки: высокие требования к аппаратуре защиты, задержки (латентность), вносимые алгоритмами шифрования, и жесткая привязка к стационарной инфраструктуре КС СПД. Примером критичности задержек является привязка через спутниковый ретранслятор (рис. 4).

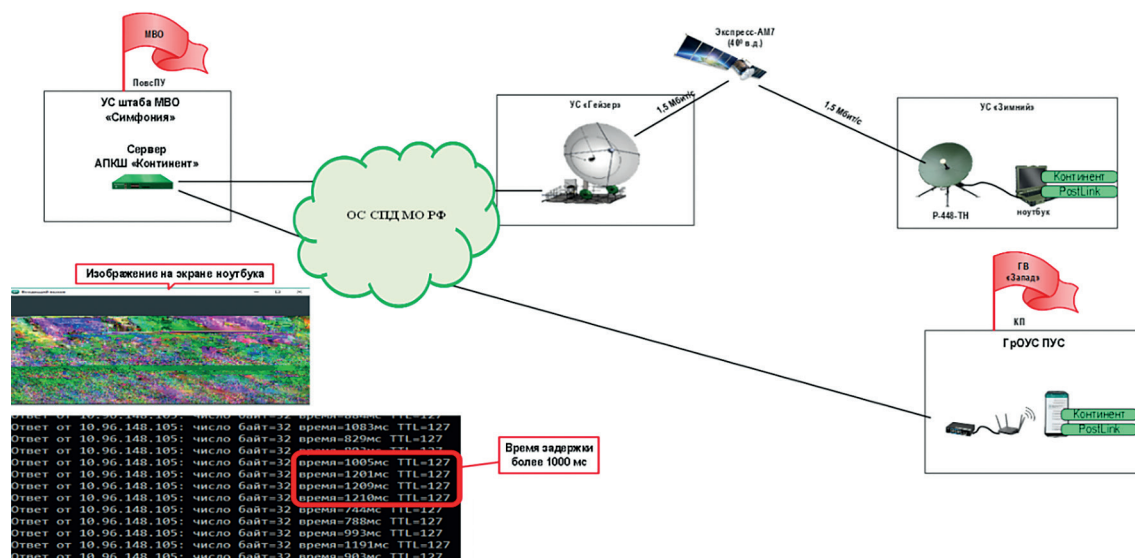


Рис. 4. Способ подключения сервера видеотрансляции к транспортной сети

Второй способ: маршрутизация в ОС СПД [4] применяется для массового сегмента тактических БПЛА (Mavic, Орлан, Зала, FPV-дроны) и стационарных камер видеонаблюдения линейных подразделений.

Алгоритм доставки данных:

1. Видеосигнал с пультов управления или IP-камер поступает в ОС СПД.
2. Осуществляется интеграция в транспортные сети группировок войск с использованием стандартных протоколов маршрутизации.
3. Агрегация, коммутация и распределение потоков абонентами осуществляется на серверных мощностях с использованием ПО «TrueConf», «Интеллект-Х», «АххонNext» или «Астра-С».

Достоинства: высокая скорость развертывания, возможность масштабирования, адаптация к мобильным узлам связи.

Недостатки: необходимость дополнительного контроля за утечкой информации, высокая нагрузка на магистральные каналы ОС СПД из-за отсутствия агрессивного сжатия (в случае с «Астра-С»).

Критическим узлом, часто становящимся «бутылочным горлышком» системы, является процедура съема видео с пульта управления БПЛА и передачи его в транспортную сеть. Анализ практики в ГВ «Запад» выявил четыре основных способа решения этой задачи:

1. Программный мост (ScreenCasting). Трансляция экрана пульта управления или смартфона по локальной сети. Недостаток: высокая нестабильность, задержки, «зависания» при перегреве мобильных устройств.

2. Аппаратный модуль видеозахвата. Использование HDMI/USB-грабберов, подключаемых к видеовыходу пульта. Недостаток: требует наличия штатного видеовыхода на пульте, что есть не у всех моделей тактических БПЛА.

3. Съём через VR-очки (для FPV). Вывод видеопотока с экрана FPV-очков оператора через разветвители или встроенные видеовыходы очков.

4. Аппаратное вмешательство в штатную кабельную трассу (наиболее перспективный способ). Разработан и внедрен способ вывода дополнительного изображения непосредственно с пульта управления БПЛА на отдельный IP-кодировщик [5]. Данный метод предполагает использование индивидуальной схемы распайки штатного соединительного кабеля пульта и камеры. Это позволяет перехватить «сырой» видеопоток до его обработки операционной системой пульта, минуя программные задержки. Данный способ многократно повысил стабильность трансляции на ПУ, исключив сбои, связанные с перегрузкой ОС пульта управления.

Доставленный на ПУ видеопоток должен быть интегрирован в единую картину поля боя. Для этого на рабочих местах должностных лиц и в ситуационных центрах организуются видеостены.

Реализован принцип единой среды обмена видеоданными, позволяющий выводить на видеостену одновременно до нескольких десятков потоков с различных источников (тепловизоры, оптико-электронные средства БПЛА, стационарные камеры) с возможностью динамического изменения сетки отображения. Взаимодействие

между операторами БПЛА, разведчиками и артиллеристами дублируется через защищенный текстовый мессенджер (сервер PostLink), что снижает голосовую нагрузку на каналы связи.

Для повышения живучести системы применяется метод удаленного агрегирования. Вместо того, чтобы размещать дорогостоящие серверы обработки видео в непосредственной близости от переднего края обороны (где они уязвимы для артиллерии и FPV-дронов противника), при планировании связи резервируется ресурс пропускной способности магистральных каналов для удаленного «вытягивания» видеопотоков на серверы, развернутые на удалении. Физические камеры и простые узлы ввода остаются на передовых позициях, а интеллектуальная обработка и хранение осуществляются в защищенных укрытиях.

Опыт противника в организации видеотрансляции

Анализ системы видеотрансляции ВСУ показывает их опору на коммерческие облачные и IT-решения. Совместная трансляция с камер осуществляется через стриминговый сервис Ukr.Stream (GlobalStreamingServices) [8]. Функционирование системы видеотрансляции осуществляется следующим образом: дежурный ситуационного центра через мессенджер Signal отправляет оператору камеры специальную ссылку. Оператор вводит ее как адрес RTMP (Real-TimeMessagingProtocol). Для демонстрации изображения на ПУ используют приложения GoogleMeet, Ochi, TeamViewer или Discord, транслируя экран планшета или телефона.

Такой подход позволяет ВСУ быстро масштабировать сеть и не зависеть от военной инфраструктуры, однако делает их каналы управления уязвимыми для кибератак, перехвата трафика и блокировки со стороны провайдеров. Российская группировка войск, напротив, опирается на суверенные, сегментированные и защищенные транспортные сети МО РФ, что обеспечивает устойчивость управления в условиях радиоэлектронного и огневого противодействия.

Перспективные направления развития систем видеотрансляции

Основные направления развития систем видеотрансляции делятся на две глобальные группы: внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и обеспечение работы в условиях ограниченной пропускной способности.

1. Обеспечение работы в условиях ограниченной пропускной способности.

В направлении экономии пропускной способности компанией «Протей-СТ» развивается серверная программа «Видеопортал», позволяющая мультиплексировать несколько видеопотоков в один [9]. Также применяется продукт VideoGrace, позволяющий работать на тонких каналах, образованных посредством технологии ADSL.

Особую актуальность в условиях массового применения противником средств РЭБ приобретают исследования в области нейросетевого сжатия [10]. На базе Военной академии связи совместно со специалистами в 16 ЦНИИ был проведен эксперимент с применением кодера видеосжатия NeuroVideoCodec, разработанным СПбГУТИ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Кодер обеспечивает передачу видеопотока по каналам связи низкого качества, образованным радиостанцией Р-187-П1 («Азарт») в режиме «Азарт-ШПС». Результаты показали, что при передаче через радиовставку в условиях помех восстановленное изображение имеет удовлетворительную степень разборчивости, достаточную для идентификации типов бронетехники и живой силы.

2. Интеграция систем искусственного интеллекта в разведывательные БПЛА.

Противник, обладая каналами связи с высокой пропускной способностью (в т. ч. за счет терминалов StarLink), идет по пути развития ИИ. Примером является мобильный разведывательный комплекс Palantir [11], интегрированный в систему управления ВСУ «Кропива». Российская Федерация также активно развивает данное направление, делая ставку на концепцию «интеллектуального края» (IntelligentEdge) [12].

Суть концепции заключается в переносе вычислительных мощностей и алгоритмов машинного зрения с облачных серверов пунктов управления непосредственно на борт разведывательных БПЛА (периферийные вычисления).

Это реализуется по следующим направлениям:

1. Автоматическое распознавание и классификация целей (ATR). Внедрение бортовых нейросетевых модулей (на базе отечественных процессоров, таких как «МодулТех» или специализированных FPGA-решений) позволяет БПЛА в автономном режиме сканировать местность, обнаруживать объекты, классифицировать их (отличать свою технику от техники противника, выявлять замаскированные огневые точки) и генерировать не «тяжелый» видеопоток, а легковесные телеметрические пакеты с координатами, курсом и типом цели. Видеопоток передается только в моменты

подтверждения цели или по запросу оператора, что снижает нагрузку на каналы связи на 80–90 %.

2. Интеллектуальная стабилизация и синтез изображения. Алгоритмы ИИ применяются для аппаратной компенсации дрожания камеры, удаления атмосферных помех (дым, туман, пыль) и синтеза сверхразрешения (super-resolution) [13]. Нейросети способны «достраивать» потерянные пиксели видеопотока, деградировавшего в результате воздействия средств РЭБ, обеспечивая оператору на ПУ картинку, субъективно превосходящую по качеству исходный сигнал.
3. Автоматизация доведения информации до огневых средств. Интеграция бортового ИИ БПЛА непосредственно с контурами АСУ тактического звена (аналоги систем типа «Стрелец» или «Кропива»). При обнаружении цели нейросеть автоматически формирует целеуказание, рассчитывает упреждение и передает его на огневые средства (артиллерию, РСЗО, ударные БПЛА) в обход визуального анализа оператором. Это сокращает цикл «разведка-огонь» с десятков минут до секунд.
4. Роевой интеллект и корреляция данных (SwarmIntelligence). При групповом применении разведывательных БПЛА алгоритмы ИИ позволяют объединять видеопотоки с нескольких аппаратов в единое панорамное или 3D-пространство. Нейросеть автоматически сшивает изображения с разных ракурсов, устраняет слепые зоны и обеспечивает непрерывное сопровождение движущейся техники или личного состава противника, даже если они временно перекрываются рельефом местности или зданиями с точки зрения одного конкретного БПЛА.
5. Предиктивная аналитика и выявление аномалий. ИИ способен анализировать видеопоток не только на предмет наличия техники, но и на выявление тактических аномалий: замаскированных линий связи, свежих следов гусеничной техники, признаков оборудования новых огневых позиций или минных полей. Система автоматически выделяет оператору на ПУ подозрительные участки местности, повышая эффективность инженерной разведки.

Таким образом, переход от парадигмы «передачи видео для просмотра человеком» к парадигме «передачи интеллектуально обработанных данных и целевых меток» является безальтернативным путем развития систем видеотрансляции в условиях тотального

доминирования средств РЭБ и дефицита радиочастотного ресурса.

Результаты и выводы

1. Проведен комплексный анализ опыта организации видеотрансляции в ГВ «Запад» и в Объединенной группировке войск. Систематизированы подходы к сегментации сетей передачи данных для тактических и оперативно-тактических БПЛА. Выполнен сравнительный анализ серверного и программного обеспечения («TrueConf», «Астра-С»), выявлены их тактико-технические ограничения и преимущества. Сформулированы принципиальные подходы к построению живучих систем видеотрансляции.
2. Доказано, что применение адаптивных алгоритмов сжатия (до 300 кбит/с) и нейросетевых кодеков (NeuroVideoCodec) позволяет поддерживать непрерывный контроль обстановки в условиях воздействия РЭБ и деградации каналов связи. Мультиплексирование потоков снижает нагрузку на магистральные каналы СПД на 30–40 %. Обоснована высокая эффективность переноса алгоритмов компьютерного зрения на борт БПЛА для радикального снижения требований к пропускной способности каналов связи и автоматизации цикла целеуказания.
3. Внедрение описанных способов организации видеотрансляции, включая аппаратный вывод сигнала через модули видеозахвата, использование видеостен на ПУ и экспериментальное подтверждение работы нейросетевых кодеков в радиосетях, подтвердило свою достоверность и эффективность в ходе проведения СВО.
4. Результаты относятся к области информационного обеспечения, защиты информации и построения телекоммуникационных систем в АСУ.
5. Для сокращения потерь в технических средствах и в целях введения противника в заблуждение, помимо мероприятий маскировки, должностным лицам по связи при планировании необходимо внедрять практику резервирования ресурса пропускной способности для удаленного подключения систем видеонаблюдения к серверам ПУ.
6. В части перспективного развития необходимо форсировать работы по оснащению разведывательных БПЛА отечественными бортовыми вычислителями с алгоритмами машинного зрения для реализации концепции «интеллектуального края».

Литература

1. Сидоров В. Н. Архитектура защищенных сетей передачи данных для систем управления беспилотными летательными аппаратами // Вопросы радиоэлектроники. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 112–120.
2. Николаев П. С. Тактика применения стационарных и мобильных комплексов видеонаблюдения в общевойсковом бою // Военная мысль. – 2023. – № 8. – С. 56–64.
3. Федоров И. В. Обеспечение информационной безопасности систем видеотрансляции в открытом сегменте СПД // Защита информации. Конфидент. – 2023. – № 3. – С. 44–50.
4. Васильев Г. Р. Сравнительный анализ программных комплексов агрегации видеоданных для нужд Министерства обороны РФ // Специальная техника. – 2023. – № 5. – С. 15–22.
5. Орлов М. Д. Эргономика рабочих мест операторов БПЛА на распределенных пунктах управления // Системы управления, связи и безопасности. – 2022. – № 2. – С. 34–41.
6. Иванов С. В., Петров А. К. Методы адаптивного сжатия видеопотоков в тактических сетях передачи данных военного назначения // Вестник связи. – 2021. – № 4. – С. 45–52.
7. Смирнов А. Л. Мультиплексирование видеопотоков в каналах ограниченной пропускной способности // Труды Академии связи. – 2022. – № 14. – С. 201–210.
8. Григорьев С. А. Применение терминалов спутниковой связи и коммерческих стриминговых сервисов в современных локальных конфликтах // Зарубежное военное обозрение. – 2023. – № 11. – С. 45–51.
9. Кузнецов А. А. Применение нейросетевых алгоритмов для обработки и передачи видеоинформации в условиях радиоэлектронного подавления // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2023. – № 1. – С. 78–89.
10. Соколов А. В., Лебедев А. В. Бортовые системы компьютерного зрения для беспилотных летательных аппаратов тактического звена // Вестник Конструкторского бюро приборостроения. – 2023. – № 6. – С. 88–95.
11. Михайлов Д. С. Интеграция алгоритмов машинного обучения в контуры управления огнем артиллерийских подразделений // Военно-технический журнал. – 2024. – № 2. – С. 34–42.
12. Петров И. И. Концепция периферийных вычислений (EdgeComputing) в тактическом звене управления // Информатизация и защита информации. – 2023. – № 2. – С. 33–40.
13. Lovtsov D. A., Gavrilov D. A. Automated special purpose optical electronic system's functional diagnosis // Proceedings of International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED-2019. Prague, Czech Republic: IEEE, 2019. – Pp. 70–73.

METHODS OF ORGANIZING THE FUNCTIONING OF A VIDEO STREAMING SYSTEM IN MODERN COMBAT CONDITIONS

Lebedev P. V.³, Zhivodernikov A. Yu.⁴

Keywords: video transmission, confidential network segment, neural network compression, information security, bandwidth of communication channels, situational awareness, peripheral computing, computer vision, network segmentation, multiplexing, electronic warfare, unmanned aerial vehicles, automated targeting.

Abstract

Purpose of work: the purpose of the work is to fundamentally analyze, systematize, and develop conceptual approaches to organizing the functioning of video streaming and surveillance systems, as well as to substantiate the ways of integrating artificial intelligence systems into the troop control loop in real-time during high-intensity conflicts.

Research method: the research method includes a systems analysis of data transmission network architectures, structural-functional modeling of video streaming system components, a comparative assessment of software complexes for video stream aggregation, and an investigation of adaptive compression, multiplexing, and onboard neural network processing methods for video information under conditions of bandwidth deficit and electronic warfare impact.

Results of the study: the experience of the Grouping of Forces «West» in integrating over 100 stationary complexes and hundreds of tactical UAVs into a single information space is generalized. Critical dependencies of command quality on the bandwidth of communication channels are identified. The effectiveness of using domestic software solutions («Astra-S», «TrueConf») with various encoding algorithms is proven. An experiment with the Neuro Video Codec in «Azart» radio networks was conducted, confirming the possibility of transmitting intelligible video over low-quality channels. The necessity of transitioning from physical server masking to distributed bandwidth allocation and the implementation of onboard computer vision systems on reconnaissance UAVs to reduce the load on communication channels and automate target designation is substantiated.

Scientific novelty: the scientific novelty lies in the development of a comprehensive conceptual approach to organizing video streaming, combining strict segmentation of data transmission networks, adaptive stream multiplexing,

³ Pavel V. Lebedev, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Communication Networks and Switching Systems at the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny, St. Petersburg, Russia. E-mail: spirit-angel@yandex.ru

⁴ Alexander Yu. Zhivodernikov, Ph.D. of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Communication Networks and Switching Systems at the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny, St. Petersburg, Russia. E-mail: sabir.81@mail.ru

the use of neural network compression algorithms to overcome the consequences of enemy electronic warfare, as well as in the formalization of principles for integrating artificial intelligence systems at peripheral nodes (onboard UAVs) to implement the «intelligent edge» concept in the tactical link.

References

1. Sidorov V. N. Arhitektura zashchishchennykh setej peredachi dannykh dlya sistem upravleniya bespilotnymi letatel'nyimi apparatami // *Voprosy radioelektroniki*. – 2022. – V. 12. – No. 3. – Pp. 112–120.
2. Nikolaev P. S. Taktika primeneniya stacionarnykh i mobil'nykh kompleksov videonablyudeniya v obshchevojskovom boyu // *Voennaya mysl'*. – 2023. – No. 8. – Pp. 56–64.
3. Fedorov I. V. Obespechenie informacionnoj bezopasnosti sistem videotranslyacii v otkrytom segmente SPD // *Zashchita informacii. Konfident.* – 2023. – No. 3. – Pp. 44–50.
4. Vasil'ev G. R. Sravnitel'nyj analiz programmnykh kompleksov agregacii videodannykh dlya nuzhd Ministerstva oborony RF // *Special'naya tekhnika*. – 2023. – No. 5. – Pp. 15–22.
5. Orlov M. D. Ehrgonomika rabochih mest operatorov BpLA na raspredelennykh punktakh upravleniya // *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti*. – 2022. – No. 2. – Pp. 34–41.
6. Ivanov S. V., Petrov A. K. Metody adaptivnogo szhatiya videopotokov v takticheskikh setyah peredachi dannykh voennogo naznacheniya // *Vestnik svyazi*. – 2021. – No. 4. – Pp. 45–52.
7. Smirnov A. L. Mul'tipleksirovanie videopotokov v kanalah ogranichennoj propusknokh sposobnostei // *Trudy Akademii svyazi*. – 2022. – No. 14. – Pp. 201–210.
8. Grigor'ev S. A. Primenenie terminalov sputnikovoy svyazi i kommercheskikh strimingovykh servisov v sovremennykh lokal'nykh konfliktakh // *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*. – 2023. – No. 11. – Pp. 45–51.
9. Kuznecov A. A. Primenenie nejrosetevykh algoritmov dlya obrabotki i peredachi videoinformacii v usloviyakh radioelektronnogo podavleniya // *Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*. – 2023. – No. 1. – Pp. 78–89.
10. Sokolov A. V., Lebedev A. V. Bortovye sistemy komp'yuternogo zreniya dlya bespilotnykh letatel'nykh apparatov takticheskogo zvena // *Vestnik Konstruktorskogo byuro priborostroeniya*. – 2023. – No. 6. – Pp. 88–95.
11. Mihajlov D. S. Integraciya algoritmov mashinnogo obucheniya v kontury upravleniya ognem artillerijskikh podrazdelenij // *Voенно-tekhnicheskij zhurnal*. – 2024. – No. 2. – Pp. 34–42.
12. Petrov I. I. Konceptiya periferijnykh vychislenij (EdgeComputing) v takticheskom zvене upravleniya // *Informatizaciya i zashchita informacii*. – 2023. – No. 2. – Pp. 33–40.
13. Lovtsov D. A., Gavrilov D. A. Automated special purpose optical electronic system's functional diagnosis // *Proceedings of International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED-2019. Prague, Czech Republic: IEEE, 2019.* – Pp. 70–73.

