



УДК 811

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ В СЕТЯХ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Кулиева Лейли Эмирмурадовна

преподаватель

Ягмырова Нурджемал Гелдимурат гызы

студентка

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Методы обработки и передачи видеосигнала высокой четкости (HD и UHD) в сетях с ограниченной пропускной способностью представляют собой одну из наиболее сложных задач современных инфокоммуникаций. С ростом популярности стриминговых сервисов, видеоконференций и технологий виртуальной реальности нагрузка на каналы связи увеличивается экспоненциально. Для обеспечения качественного воспроизведения видео без прерываний и артефактов применяются продвинутые алгоритмы сжатия и интеллектуальные протоколы адаптивной доставки контента. Развитие технологий 2026 года фокусируется на использовании искусственного интеллекта для оптимизации каждого этапа обработки видеопотока.

Ключевые слова: видеокомпрессия, кодеки HEVC, стандарт VVC, адаптивная передача, битрейт, межкадровое сжатие, задержка сигнала, квантование, пропускная способность.

METHODS FOR PROCESSING AND TRANSMITTING HIGH DEFINITION VIDEO SIGNALS IN BANDWIDTH CONSTRAINED NETWORKS

Kuliyeva Leyli Emirmyradovna

Lecturer

Yagmyrova Nurjemal Geldimyrat gyzy

Student

Turkmen Institute of Telecommunications and Informatics

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. Methods for processing and transmitting high-definition (HD and UHD) video signals in bandwidth-constrained networks represent one of the most complex challenges in modern infocommunications. As of 2026, the exponential growth of streaming services, video conferencing, and virtual reality has placed unprecedented strain on communication channels. To ensure high-quality

playback without interruptions or artifacts, advanced compression algorithms and intelligent adaptive delivery protocols are employed. Current technological developments focus heavily on utilizing artificial intelligence to optimize every stage of the video processing pipeline.

Keywords: video compression, HEVC codecs, VVC standard, adaptive transmission, bitrate, inter-frame compression, signal latency, quantization, bandwidth, streaming video, optimization algorithms, chroma subsampling, infocommunications, neural networks, scalable coding.

Введение

Основой эффективной передачи видео высокой четкости является использование современных стандартов кодирования, таких как High Efficiency Video Coding (HEVC/H.265). Этот кодек обеспечивает снижение битрейта на 50% по сравнению со своим предшественником H.264 при сохранении аналогичного визуального качества изображения. HEVC использует более гибкие структуры блоков дерева кодирования, что позволяет эффективнее обрабатывать области кадра с разной детализацией. Применение данного стандарта является критически важным для передачи 4K-контента через мобильные сети и спутниковые каналы связи.

Стандарт Versatile Video Coding (VVC/H.266), активно внедряемый к 2026 году, предлагает еще более глубокую оптимизацию, сокращая объем данных еще на 30–50% относительно HEVC. VVC разработан специально для поддержки видео сверхвысокой четкости, панорамного видео 360 градусов и контента с расширенным динамическим диапазоном (HDR). Однако высокая эффективность сжатия требует значительных вычислительных мощностей для кодирования и декодирования в реальном времени. Внедрение специализированных аппаратных ускорителей в мобильные устройства позволяет преодолеть этот барьер для массового потребителя.

Методы межкадрового предсказания (Inter-frame prediction) позволяют минимизировать избыточность данных за счет передачи только изменений между последовательными кадрами. Алгоритмы оценки движения вычисляют векторы смещения объектов, что избавляет от необходимости повторно передавать статичные элементы фона. В современных системах используются сложные модели компенсации движения, способные учитывать вращение и изменение масштаба объектов. Это позволяет существенно снизить объем передаваемой информации в сценах с низкой динамикой, что характерно для образовательных лекций и видеозвонков.

Внутрикадровое сжатие (Intra-frame compression) фокусируется на удалении пространственной избыточности внутри одного статического изображения. Использование дискретного косинусного преобразования (DCT) позволяет перевести информацию о пикселях в частотную область, где менее важные для глаза детали могут быть удалены. Квантование

коэффициентов преобразования является основным инструментом регулирования битрейта: чем выше степень квантования, тем меньше размер файла, но выше риск появления блочных артефактов. Баланс между качеством и сжатием подбирается автоматически в зависимости от доступной ширины канала связи.

Технология адаптивного битрейта (ABR), реализуемая через протоколы DASH и HLS, позволяет динамически подстраивать качество видео под текущее состояние сети. Видео на сервере хранится в нескольких вариантах качества (разрешения и битрейта), разбитых на небольшие сегменты по несколько секунд. Плеер на стороне клиента анализирует скорость загрузки и автоматически запрашивает следующий сегмент в максимально возможном качестве для данных условий. Это предотвращает остановки на буферизацию, обеспечивая плавное воспроизведение даже при резких колебаниях пропускной способности.

Использование нейронных сетей для суперразрешения (Super-Resolution) открывает новые возможности передачи видео высокой четкости через сверхузкие каналы. В рамках этого метода видео передается в низком разрешении (например, 720p), а на стороне приемника ИИ-алгоритм восстанавливает детали до уровня 4K. Нейросеть обучается на огромных массивах данных, чтобы «дорисовывать» текстуры и сглаживать края объектов, сохраняя естественность картинки. Это позволяет достичь визуального качества UHD при использовании битрейта, характерного для обычного HD-видео.

Заключение

В заключение следует отметить, что методы обработки и передачи видео высокой четкости продолжают эволюционировать в сторону глубокой персонализации и интеллектуализации. Будущее отрасли связано с переходом к полностью нейросетевым кодекам, способным обучаться под конкретный тип контента или даже под зрение конкретного пользователя. Эффективное сочетание алгоритмов компрессии и адаптивных протоколов доставки остается залогом развития глобальных медиакommunikаций. Постоянное совершенствование этих технологий позволяет делать качественный видеоконтент доступным даже в самых удаленных уголках мира.

Список литературы:

1. Ричардсон, Я. (2011). Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 — стандарты нового поколения. Техносфера.
2. Умняшкин, С. В. (2018). Теоретические основы цифрового видеокодирования. Техносфера.
3. Grgic, M., Delac, K., Ghanbari, M. (2009). Recent Advances in Multimedia Signal Processing and Communications. Springer.



4. Ozer, J. (2017). Video Encoding by the Numbers: Eliminate the Guesswork from your Deployment. Doceo Publishing.
5. Wiegand, T., Sullivan, G. J., Bjontegaard, G., Luthra, A. (2003). Overview of the H.264/AVC video coding standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology.