

УДК 621.391

КОДИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ВИДЕОПОТОКА В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Е.А. МАШКОВ, О.А. АЗАРЧИК, А.В. ТЮТРИУМОВА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 6 марта 2021

Аннотация. Рассматриваются основные виды и стандарты сжатия цифрового видеопотока, их основные преимущества и недостатки. Приводится обоснование выбора стандарта сжатия видеопотока в системах видеонаблюдения.

Ключевые слова: стандарт сжатия, H.264, H.265, H.266, видеонаблюдение.

Введение

Под кодированием цифрового видеопотока в системах видеонаблюдения принято понимать сжатие цифрового видеопотока, данный вид обработки видеоизображения имеет большое значение в системах видеонаблюдения.

Цифровой способ съемки видео впервые был применен в 1980-ых годах. Тогда это было несжатое видео, требовавшее большого количества памяти для его сохранения и дальнейшего использования. В связи с тем, что устройства хранения информации имели небольшой объем, были разработаны алгоритмы сжатия цифрового видеопотока, называемые кодеками.

Процесс сжатия цифрового видеопотока заключается в потоковом анализе получаемой видеoinформации и автоматическом удалении фрагментов данных, на которых не зафиксировано каких-либо изменений с предыдущим фрагментом, что помогает значительно уменьшить объем видеофайла, либо удалению области из фрагмента по тому же признаку.

Виды и стандарты сжатия цифрового видеопотока

На сегодняшний день существует два вида сжатия видеoinформации: внутрикадровое (покадровое) и межкадровое кодирование.

Внутрикадровое сжатие обрабатывает каждый кадр видеозаписи как отдельное неподвижное изображение, наподобие фотографии. Данная технология позволяет получить видео хорошего качества, но при этом размер файла уменьшается незначительно по той причине, что при такой кодировке сохраняются все кадры, даже если в кадре нет никаких изменений. То есть, например, из десятка или сотни одинаковых кадров сохраняются все, хотя достаточно всего одного.

Межкадровое сжатие работает по противоположному принципу: при обработке сигнала, анализируется все видеоизображение, но сохраняются только ключевые изменения, например, движение объекта, при этом фон заднего плана и окружающая объект обстановка остаются теми же. Это позволяет значительно уменьшить размер видеофайла в сравнении с внутрикадровым сжатием.

При сжатии учитываются: разрешение видео, размер файла, способ передачи и загрузки видеофайла, преобладание статичных или динамичных сцен, цветность, контрастность и т.д. Качество и размер видеофайла, полученного в результате видеозаписи, зависит от применяемого кодека [1].

На сегодняшний день, основными стандартами сжатия в системах видеонаблюдения являются H.264, H.265.

Стандарт сжатия М-JPEG (Motion JPEG)

Это нелицензированный стандарт кодирования, созданный и широко используемый в 90-ых годах. Он использует внутрикадровую технологию сжатия. Цифровой видеопоток, полученный с помощью данного кодека, представляет собой массив полновесных JPEG-изображений. Несмотря на то, что данный кодек позволяет использовать ряд понижающих объем файла инструментов, сегодня его используют крайне редко из-за невысокого качества получаемого изображения, а также по причине минимальной степени сжатия видео.

Стандарт сжатия MPEG-4

Лицензированный стандарт кодирования, использующий объектно-ориентированное (межкадровое) сжатие, то есть когда движение каждого объекта в кадре отслеживается отдельно и на основании этих движений фиксируется видеосигнал. Основным плюсом данного кодека является широта настроек степени сжатия, которые можно подобрать под любую скорость передачи данных. Данный формат универсален и используется для просмотра потокового видео в реальном времени. Следует отметить, что этот стандарт уже устарел [2-4].

Стандарты сжатия H.264 и H.264+

Современные лицензированные стандарты кодирования, которые существенно уменьшают объем цифрового видеофайла. Данные кодеки вносят минимальные изменения в качество видеоизображения и предназначены для записи видеосигнала в течение продолжительного времени, так как требуют небольших пропускных способностей сети и места на жестком диске.

Кодек H.264 – является одним из лучших инструментов для работы в системах видеонаблюдения, особенно при съемке с большой частотой кадров и высоким разрешением. Единственный минус – он требует большой вычислительной мощности оборудования для распаковки и просмотра видеoinформации.

H.264+ получил некоторые изменения, которые еще больше повысили эффективность работы оборудования:

- фоновый инструмент для подавления любых шумов во время работы;
- технология интеллектуального кодирования по модели предсказания фона;
- система автоматического изменения битрейта и регулировки [1-4].

Стандарты сжатия H.265 и H.265+

Лицензированный стандарт H.265 предлагает значительно улучшенное сжатие по сравнению с H.264. Данный кодек сжимает видео почти вдвое лучше, чем его предшественник. То есть с H.265 видео, с одинаковым визуальным качеством, займет лишь половину памяти по сравнению с 264 версией кодека, а видео с одинаковым размером файла и скоростью передачи битов, имеет значительно лучшее качество.

В H.265 используется тот же принцип сжатия, что и в H.264. В случае использования фиксированной камеры видеонаблюдения фоновое изображение меняется не часто, поэтому достаточно кодировать и передавать только изменения – движущиеся объекты. Это позволяет значительно уменьшить требования к пропускной способности канала и емкости хранения.

IP-камеры видеонаблюдения сначала снимают необработанное видео в соответствии с заданным режимом записи, а после обработки изображения кодируют его. Основное преимущество в степени сжатия достигается за счет улучшения прогнозирования с компенсацией движения. В то время как у H.264 максимальный размер блока составляет 16×16 пикселей, H.265 использует при обработке информации макроблоки дерева кодирования Coding Tree Unit (CTU) размером до 64×64 пикселей. Такие блоки более эффективны для кодирования кадров больших размеров и при этом позволяют передавать видео 4K+ [1].

Помимо изменения размера блока, H.265 отличается наличием улучшенного сглаживающего фильтра для устранения нестыковок на границах блоков (deblocking filter). Кроме того, используется новый алгоритм прогнозирования вектора движения Motion Vector

Prediction (MVP) для улучшения прогнозирования внутри кадра. Более высокая точность предсказаний достигается, помимо прочего, благодаря тому, что в пределах кадра вместо 8 возможных направлений, как обеспечивается в H.264, рассматривается 36 возможных направлений.

Для ускорения вычислений в кодеке предусмотрена возможность параллельной обработки за счет поддержки расширенного набора инструкций AVX/AVX2 для процессоров Intel/AMD. Квадратные области, на которые разбивается изображение, независимы одна от другой, так что их обработка может выполняться параллельно. Кроме того, H.265 поддерживает волновую параллельную обработку Wavefront Parallel Processing (WPP): своеобразное дерево принятия решений, способствующее повышению производительности сжатия. Тем не менее для его реализации необходим на порядок более мощный процессор, что является одним из его существенных недостатков.

Возможности стандарта кодирования H.265+:

1. Интеллектуальное кодирование. Во время работы кодек разделяет фон и посетителей. Создается модель из одного или нескольких ранее созданных кадров, что позволяет проводить своего рода "прогнозирование", где блоки обработки предсказываются информацией из ранее переданных блоков и того же кадра. Таким образом, сжатие потока осуществляется благодаря проведению трансляции исключительно динамической части кадра.

2. Подавляется цифровой шум. Интегрированная интеллектуальная система анализа способствует тому, что кодек H.265+ имеет возможность различать движущиеся объекты и фоновые изображения таким образом, что каждый из них может быть закодирован под разной стратегией кодирования. Если фон сжимается под высоким уровнем сжатия для подавления шума, то модуль кодирует также визуальный шум в сцене. Это привело к тому, что удается достигать высокого уровня качества, несмотря на небольшой размер видеопотока.

3. Битрейт под долгосрочным контролем. Современные IP-камеры видеонаблюдения умеют различать моменты, когда на выделенном участке наблюдения ничего не происходит, и в это время снижают качество, чтобы уменьшить нагрузку на сеть и место на жестком диске, сохраняя значения битрейта около установленного максимума. Это значительно экономит ресурсы и повышает эффективность работы системы [1, 2].

Стандарт сжатия H.266

Стандарт сжатия H.266, который также называют Versatile Video Codec (VVC), находится в стадии активной разработки. Рабочий Проект кодекса спецификации VVC был выпущен в октябре 2018 года, поэтому сейчас ведется работа по его стандартизации. Тем не менее, модель лицензирования для VVC остается неясной до момента, пока стандарт не будет завершен и не будут финализированы основные функции кодекса.

Стандарт сжатия H.266 определяет технологию кодирования видеопотока. Он был разработан с двумя основными целями. Первая из них заключается в том, чтобы определить технологию кодирования видео с возможностью сжатия, которая существенно превосходит возможности предыдущих поколений таких стандартов, а вторая – в том, чтобы эта технология была весьма универсальной для эффективного использования в более широком диапазоне применений, чем те, которые рассматривались в предыдущих стандартах. Некоторые ключевые области применения этого стандарта, в частности, включают видео сверхвысокой четкости (например, с разрешением изображения 3840×2160 или 7620×4320 и глубиной битов 10 или 12 бит, как указано в Rec. ITU-R BT.2100), видео с высоким динамическим диапазоном и широкой цветовой гаммой (например, с перцептивным квантованием или гибридными характеристиками передачи log-гамма, указанными в Rec. ITU-R BT.2100), и видео для иммерсивных медиа-приложений, таких как 360° всенаправленное видео, проецируемое с использованием общего формата проекции, такого как формат проекции equirectangular или cubemap, в дополнение к приложениям, которые обычно рассматривались предыдущими стандартами кодирования видео [1].

Выбор стандарта сжатия видеопотока в системах видеонаблюдения

Для того что бы выбрать оптимальный стандарт сжатия видеопотока в системах видеонаблюдения необходимо сравнить результаты сжатия одного и того же видеопотока разными кодеками. В связи с тем, что стандарт сжатия цифрового видеопотока H.266 еще окончательно не принят, поэтому рассматривать его нецелесообразно. Также по причине редкого использования в профессиональных системах видеонаблюдения кодеков M-JPEG и MPEG-4 в сравнительную таблицу они включаться не будут.

Результаты сравнение стандартов сжатия цифрового потока будут представлены в таблице, для расчета требуемого объема дискового пространства и суммарного битрейта использованы следующие данные:

- глубина архива – 30 дней;
- количество камер – 10 штук;
- тип записи для первого сравнения – постоянная;
- тип записи для второго сравнения – по движению, процент движения в сутки – 60,0 %;
- разрешение камер видеонаблюдения – 4Мр (2592×1520);
- скорость записи – 25 кадров в секунду.

Результаты сравнения стандартов сжатия цифрового видеопотока

№	Название критерия	H.264	H.264+	H.265	H.265+
1	Требуемый объем дискового пространства, постоянная запись, Тб	23,48	16,38	12,98	11,12
	Суммарный битрейт, Мбит/с	83,6	58,3	46,2	39,6
2	Требуемый объем дискового пространства, запись по движению, Тб	14,09	9,83	7,79	6,67
	Суммарный битрейт, Мбит/с	76	53	42	36

Данные приведенные в таблице получены расчетным путем при помощи онлайн калькулятора требуемого объема дискового пространства и битрейта [5].

Таким образом оптимальным стандартом сжатия видеопотока является H.265+, так как при его использовании требуемый объем дискового пространства составляет на 52,7 % меньше чем у стандарта H.264, на 32,1 % меньше чем у стандарта H.264+ и на 14,3 % меньше чем у стандарта H.265, а также значительно меньший канал связи для передачи данного цифрового видеопотока.

Заключение

В данной статье рассмотрены основные используемые стандарты сжатия цифрового видеопотока, а также перспективный стандарт сжатия H.266. Проведено сравнение стандартов сжатия цифрового видеопотока, при котором оптимальным стандартом для систем видеонаблюдения принят H.265+. Но не стоит забывать про то, что подбор необходимого стандарта сжатия зависит, прежде всего, от актуальности модели видеорегистратора, так как не все модели смогут работать с данным стандартом сжатия в связи с тем, что для работы со стандартом сжатия цифрового видеопотока H.265+ необходимо иметь больше вычислительных мощностей по сравнению с другими стандартами.

В непрофессиональных системах видеонаблюдения, при простых аппаратных характеристиках оборудования, а также для формирования нескольких потоков видеосигнала (например, для передачи видео по сети или удаленном просмотре с помощью мобильного телефона), достаточно использовать кодек MPEG-4, так как он менее требователен к ресурсам системы [6].

В профессиональных системах видеонаблюдения, где используется множество видеокамер и имеются видеорегистраторы или серверы с большим объемом памяти наиболее оптимальным будет выбор стандарта сжатия цифрового видеопотока H.265+.

DIGITAL VIDEO STREAM ENCODING IN VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

E.A. MASHKOV, O.A. AZARCHIK, A.V. TYUTRYUMOVA

Abstract. The main types and standards of digital video stream compression, their main advantages and disadvantages are considered.

Keywords: compression standard, H.264, H.265, H.266, video surveillance.

Список литературы

1. Дамьяновски В. Библия видеонаблюдения. 2021. С. 219–232.
2. Подразделение научных разработок МВД Великобритании. Руководство по составлению эксплуатационных требований к системам видеонаблюдения. Версия 5.0. 2014. С. 40–70.
3. Торстен Анштедт. Видеоаналитика: Мифы и реальность. 2019. С. 120–124.
4. Попов А. "Моя азбука видеонаблюдения". 2013. С. 30–34.
5. Онлайн калькулятор. [Электронный ресурс]. URL: https://rvigroup.ru/techsupport/calc_bitrate.
6. Лыткин А. IP-видеонаблюдение: наглядное пособие. 2011.