

## Video Format Comparison

В ходе изучения внутреннего устройства и работы видео-кодеков H.264 , H.265 , VP9 , AV1 я получил следующие результаты:

### H.264 (AVC) Video

H.264, также известный как AVC (Advanced Video Coding), является стандартом видеокодирования, который был разработан совместной группой специалистов ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) и ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) . Он предназначен для высокоэффективного кодирования видео с различным качеством и разрешением. H.264 использует множество сложных алгоритмов и методов для сжатия видео. Ниже приведены основные компоненты и методы, которые используются в H.264:

#### Основные алгоритмы и методы в H.264

##### 1. Блочное кодирование с переменным размером блока (Variable Block Size Coding)

- В H.264 видео разделяется на макроблоки размером 16x16 пикселей.
- Эти макроблоки могут быть дополнительно разделены на меньшие блоки различных размеров (например, 16x8 , 8x16 , 8x8 , 4x4 ) для лучшего соответствия локальных особенностей изображения.

##### 2. Интра- и интерпредсказание (Intra- and Inter-prediction)

- **Интрапредсказание:** Используется для кодирования кадров без ссылки на другие кадры (I-кадры). Интрапредсказание использует соседние пиксели в пределах того же кадра для предсказания текущего блока.
- **Интерпредсказание:** Используется для кодирования кадров с ссылкой на предыдущие или будущие кадры (P- и B-кадры). Интерпредсказание использует блочное движение для предсказания текущего блока на основе информации из других кадров.

##### 3. Предсказание движения (Motion Estimation and Compensation)

- Блочное движение используется для предсказания изменения положения объектов между кадрами.
- Каждый блок в текущем кадре сравнивается с блоками в одном или нескольких опорных кадрах для нахождения наилучшего соответствия.
- Векторы движения (указывающие смещение блоков) кодируются и используются для восстановления блоков на стороне декодера.

#### 4. Трансформация и квантование (Transformation and Quantization)

- Используется дискретное косинусное преобразование (DCT) для преобразования пространственной области (пикселей) в частотную область.
- Преобразованные коэффициенты затем квантируются для уменьшения точности и, соответственно, объема данных.

#### 5. Энтропийное кодирование (Entropy Coding)

- H.264 поддерживает два основных метода энтропийного кодирования:
  - **Кодирование с изменяющейся длиной (Variable Length Coding, VLC):** Использует кодирование с изменяющейся длиной для часто встречающихся символов.
  - **Контекстно-адаптивное побитовое арифметическое кодирование (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC):** Более сложный и эффективный метод, который учитывает контекст символов для повышения эффективности сжатия.

#### 6. Адаптивная фильтрация (Deblocking Filter)

- H.264 включает в себя встроенный фильтр для уменьшения артефактов на границах блоков (blocking artifacts).
- Фильтр используется для сглаживания границ между блоками, что улучшает визуальное качество видео.

### Типы кадров в H.264

- **I-кадры (Intra-coded frames):** Кадры, которые кодируются без ссылки на другие кадры. Они служат точками восстановления, что важно для случайного доступа и восстановления после ошибок.
- **P-кадры (Predicted frames):** Кадры, которые кодируются с использованием предсказания движения из предыдущих кадров (опорные кадры).
- **B-кадры (Bi-predictive frames):** Кадры, которые кодируются с использованием предсказания движения как из предыдущих, так и из будущих кадров. Они обеспечивают наибольшую степень сжатия, но также требуют большей вычислительной мощности для кодирования и декодирования.

### Пример работы H.264

1. **Разделение на макроблоки:** Входной видеопоток разделяется на макроблоки.
2. **Предсказание:** Каждый макроблок предсказывается с использованием интрапредсказания или интерпредсказания.

3. **Ошибка предсказания:** Вычисляется разница между предсказанным и реальным макроблоком.
4. **Трансформация и квантование:** Ошибка предсказания подвергается DCT и квантованию.
5. **Энтропийное кодирование:** Квантованные коэффициенты и векторы движения кодируются с использованием VLC или CABAC.
6. **Адаптивная фильтрация:** Декодированный макроблок подвергается фильтрации для удаления артефактов.
7. **Сборка кадра:** Кадры собираются из декодированных макроблоков и выводятся на дисплей.

## H.265 (HEVC) Video

H.265, также известный как HEVC (High Efficiency Video Coding), является современным стандартом видеокодирования, разработанным для преодоления ограничений предыдущих стандартов, таких как H.264/AVC. HEVC значительно улучшает эффективность сжатия, что позволяет уменьшить битрейт на 50% при сохранении того же уровня качества видео по сравнению с H.264. Это достигается за счет использования множества сложных алгоритмов и методов. Ниже приведены основные компоненты и методы, используемые в H.265:

### Основные алгоритмы и методы в H.265

1. **Кодирование с использованием блоков переменного размера (Coding Tree Units, CTU)**
  - В H.265 введены Coding Tree Units (CTUs), которые могут иметь размеры от 16x16 до 64x64 пикселей.
  - CTU могут быть дополнительно разделены на более мелкие блоки, называемые Coding Units (CUs), для лучшего соответствия локальных особенностей изображения.
2. **Интра- и интерпредсказание (Intra- and Inter-prediction)**
  - **Интрапредсказание:** H.265 использует 33 различных режима предсказания для блоков, что значительно больше, чем в H.264, обеспечивая более точное предсказание.
  - **Интерпредсказание:** Включает использование векторов движения с более высокой точностью и дополнительные опорные кадры для повышения эффективности предсказания.
3. **Предсказание движения (Motion Estimation and Compensation)**

- Векторы движения могут иметь субпиксельную точность (до 1/4 или 1/8 пикселя), что обеспечивает более точное предсказание движения.
- Вводится использование амплитудных компенсирующих векторов движения (Motion Vector Merging), что уменьшает количество необходимых данных для кодирования векторов движения.

#### 4. Трансформация и квантование (Transformation and Quantization)

- H.265 использует больше размеров блоков для трансформации ( 4x4 , 8x8 , 16x16 и 32x32 ), что позволяет лучше адаптироваться к различным структурам изображения.
- Используется Discrete Cosine Transform (DCT) и Discrete Sine Transform (DST) для повышения эффективности сжатия.

#### 5. Энтропийное кодирование (Entropy Coding)

- H.265 использует усовершенствованное контекстно-адаптивное бинарное арифметическое кодирование ( CABAC ), которое улучшает эффективность сжатия по сравнению с H.264.

#### 6. Адаптивная фильтрация (In-loop Filtering)

- Включает два типа фильтров:
  - **Deblocking Filter** : Удаляет артефакты на границах блоков.
  - **Sample Adaptive Offset ( SAO )**: Корректирует ошибки квантования для улучшения качества изображения.

#### 7. Методы предсказания текстур (Intra Prediction)

- 33 различных направления предсказания для блоков, что позволяет более точно предсказывать текстурные особенности.

### Типы кадров в H.265

- I-кадры (Intra-coded frames): Кадры, которые кодируются без ссылки на другие кадры. Они служат точками восстановления, что важно для случайного доступа и восстановления после ошибок.
- P-кадры (Predicted frames): Кадры, которые кодируются с использованием предсказания движения из предыдущих кадров (опорные кадры).
- B-кадры (Bi-predictive frames): Кадры, которые кодируются с использованием предсказания движения как из предыдущих, так и из будущих кадров. Они обеспечивают наибольшую степень сжатия, но также требуют большей вычислительной мощности для кодирования и декодирования.

### Пример работы H.265

1. **Разделение на CTU:** Входной видеопоток разделяется на Coding Tree Units (CTUs).
2. **Предсказание:** Каждый CTU предсказывается с использованием интрапредсказания или интерпредсказания.
3. **Ошибка предсказания:** Вычисляется разница между предсказанным и реальным блоком.
4. **Трансформация и квантование:** Ошибка предсказания подвергается DCT или DST и квантованию.
5. **Энтропийное кодирование:** Квантованные коэффициенты и векторы движения кодируются с использованием CABAC.
6. **Адаптивная фильтрация:** Декодированный блок подвергается фильтрации для удаления артефактов.
7. **Сборка кадра:** Кадры собираются из декодированных блоков и выводятся на дисплей.

## VP9 Video

VP9 — это видеокодек, разработанный Google для замены VP8 и конкуренции с H.265/HEVC. VP9 обеспечивает высокую эффективность сжатия, улучшая качество видео при меньшем битрейте. Ниже приведены основные алгоритмы, методы и функции, которые используются в VP9:

### Основные алгоритмы и методы в VP9

1. **Блочное кодирование с переменным размером блока (Variable Block Size Coding)**
  - В VP9 видео разделяется на суперблоки размером 64x64 пикселей.
  - Эти суперблоки могут быть дополнительно разделены на более мелкие блоки (например, 32x32, 16x16, 8x8) для лучшего соответствия локальных особенностей изображения.
  - Блоки могут иметь размеры вплоть до 4x4 пикселей, обеспечивая гибкость в кодировании сложных деталей изображения.
2. **Интра- и интерпредсказание (Intra- and Inter-prediction)**
  - **Интрапредсказание:** VP9 использует 10 направлений для предсказания блоков внутри кадра (интрапредсказание), что позволяет лучше кодировать статичные сцены и детали.
  - **Интерпредсказание:** Используется для предсказания движения между кадрами. VP9 поддерживает до 3 опорных кадров для интерпредсказания,

что позволяет улучшить качество предсказания движения.

### 3. Предсказание движения (Motion Estimation and Compensation)

- Векторы движения используются для предсказания блоков в текущем кадре на основе информации из предыдущих и будущих кадров.
- VP9 поддерживает векторы движения с точностью до 1/8 пикселя, что позволяет более точно предсказывать движение.
- Вводится использование сегментированных векторов движения и предсказания движения по нескольким направлениям для улучшения качества.

### 4. Трансформация и квантование (Transformation and Quantization)

- VP9 использует дискретное косинусное преобразование (DCT) и дискретное синусное преобразование (DST) для преобразования пространственной области в частотную.
- Размеры блоков для трансформации могут быть 4x4, 8x8, 16x16 и 32x32, что позволяет адаптироваться к различным структурам изображения.
- Преобразованные коэффициенты затем квантируются для уменьшения объема данных.

### 5. Энтропийное кодирование (Entropy Coding)

- VP9 использует контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC) для повышения эффективности сжатия.
- Также используется специальное кодирование с изменяющейся длиной (Variable Length Coding, VLC) для кодирования оставшихся символов.

### 6. Адаптивная фильтрация (Loop Filtering)

- VP9 включает несколько этапов фильтрации для улучшения качества изображения:
  - **Deblocking Filter** : Уменьшает артефакты на границах блоков.
  - **Adaptive Loop Filter ( ALF )**: Применяется для коррекции ошибок квантования и улучшения визуального качества.
  - **Sharpening Filter**: Применяется для повышения резкости изображения.

### 7. Поддержка многопоточного кодирования ( Multithreaded Encoding )

- VP9 оптимизирован для многопоточного кодирования, что позволяет эффективно использовать многоядерные процессоры для ускорения кодирования видео.

### 8. Интеллектуальная сегментация (Segmentation)

- **VP9** позволяет сегментировать кадр на различные регионы, к которым могут применяться разные параметры квантования и фильтрации. Это позволяет более гибко управлять качеством и битрейтом.

## Типы кадров в VP9

- **Key Frames (Ключевые кадры):** Кадры, которые кодируются независимо от других кадров и служат точками восстановления.
- **Inter Frames (Промежуточные кадры):** Кадры, которые кодируются с использованием информации из предыдущих или будущих кадров (опорные кадры).

## Пример работы VP9

1. **Разделение на суперблоки:** Входной видеопоток разделяется на суперблоки размером 64x64 пикселей.
2. **Предсказание:** Каждый суперблок предсказывается с использованием интрапредсказания или интерпредсказания.
3. **Ошибка предсказания:** Вычисляется разница между предсказанным и реальным суперблоком.
4. **Трансформация и квантование:** Ошибка предсказания подвергается DCT или DST и квантованию.
5. **Энтропийное кодирование:** Квантованные коэффициенты и векторы движения кодируются с использованием CABAC или VLC.
6. **Адаптивная фильтрация:** Декодированный суперблок подвергается фильтрации для удаления артефактов.
7. **Сборка кадра:** Кадры собираются из декодированных суперблоков и выводятся на дисплей.

## Заключение

**VP9** является современным и высокоэффективным видеокодеком, который значительно улучшает качество сжатия по сравнению с предыдущими стандартами. Благодаря множеству усовершенствованных методов и алгоритмов, VP9 достигает высокой степени сжатия без значительных потерь качества, что делает его идеальным для современных приложений, таких как потоковое видео, видеоконференции и записи видео.

## AV1 Video

AV1 ( AOMedia Video 1) — это современный видеокодек с открытым исходным кодом, разработанный Альянсом за открытые медиа ( AOMedia ). Он предназначен для обеспечения высокой эффективности сжатия видео, улучшения качества изображения и уменьшения битрейта по сравнению с существующими стандартами, такими как VP9 и H.265/HEVC. AV1 включает множество инновационных алгоритмов и методов для достижения этих целей. Ниже приведено подробное описание основных алгоритмов, методов и функций, которые используются в AV1 .

## Основные алгоритмы и методы в AV1

### 1. Адаптивное деление на блоки (Adaptive Block Partitioning)

- AV1 поддерживает сложное деление блоков, начиная с суперблоков размером 128x128 пикселей.
- Суперблоки могут быть рекурсивно разделены на более мелкие блоки, вплоть до 4x4 пикселей, что позволяет эффективно кодировать как однородные области, так и области с мелкими деталями.
- Поддерживаются различные формы разделения, включая горизонтальное и вертикальное деление, а также нестандартные формы, такие как Т-образные и другие.

### 2. Интрапредсказание (Intra Prediction)

- AV1 поддерживает 56 режимов интрапредсказания, что значительно больше, чем в предыдущих кодеках, таких как H.265.
- Эти режимы включают традиционные направления (горизонтальное, вертикальное и диагональное), а также более сложные предсказания на основе окружающих пикселей.

### 3. Интерпредсказание (Inter Prediction)

- Поддерживает до 7 опорных кадров, что позволяет улучшить точность предсказания и уменьшить количество бит.
- Векторы движения могут иметь точность до 1/8 пикселя, что позволяет более точно предсказывать движение.
- Поддерживает многофреймовое предсказание, bi-prediction и использование глобального движения.

### 4. Смешанные режимы предсказания (Compound Prediction Modes)

- AV1 включает различные комбинированные режимы предсказания, такие как среднее комбинированное предсказание (Average Compound Prediction) и взвешенное комбинированное предсказание (Weighted Compound Prediction).



## 5. Трансформации и квантование (Transformations and Quantization)

- Поддерживает различные размеры трансформационных блоков, включая 4x4 , 8x8 , 16x16 , 32x32 и 64x64 .
- Использует дискретное косинусное преобразование (DCT) и дискретное синусное преобразование (DST), а также новые методы, такие как flip-adaptive transform ( FLIPADST ) и состоящие из двух частей трансформации (EXT\_TX).
- Квантование адаптивно настраивается для каждого блока, учитывая его важность для качества изображения.

## 6. Энтропийное кодирование (Entropy Coding)

- Использует контекстно-адаптивное бинарное арифметическое кодирование (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC ), что обеспечивает высокую степень сжатия.
- Улучшенные алгоритмы кодирования, такие как Multi-symbol Entropy Coding, повышают эффективность энтропийного кодирования.

## 7. Адаптивная фильтрация (In-loop Filtering)

- Включает несколько этапов фильтрации для улучшения качества изображения:
  - **Deblocking Filter** : Уменьшает артефакты на границах блоков.
  - **Constrained Directional Enhancement Filter (CDEF)** : Применяется для сглаживания и улучшения качества изображения.
  - **Loop Restoration Filter** : Использует алгоритмы восстановления, такие как Wiener Filter и Self-Guided Restoration, для уменьшения шума и улучшения визуального качества.

## 8. Поддержка высокого динамического диапазона (High Dynamic Range, HDR )

- AV1 поддерживает кодирование видео с высоким динамическим диапазоном, обеспечивая лучшее представление светлых и темных областей изображения.
- Поддержка различных цветовых пространств и глубины цвета до 12 бит на канал.

## 9. Многопоточное кодирование ( Multithreaded Encoding )

- AV1 оптимизирован для многопоточного кодирования, что позволяет эффективно использовать многоядерные процессоры и ускорять процесс кодирования видео.

## 10. Субпиксельное предсказание ( Subpixel Prediction )

- Использует различные методы интерполяции для предсказания субпиксельного движения, что позволяет улучшить точность и качество предсказания движения.

## Пример работы AV1

1. **Разделение на суперблоки:** Входной видеопоток разделяется на суперблоки размером до 128x128 пикселей.
2. **Адаптивное деление блоков:** Каждый суперблок рекурсивно делится на более мелкие блоки с учетом сложности изображения.
3. **Предсказание:** Выполняется интрапредсказание для статичных блоков и интерпредсказание для блоков с движением.
4. **Трансформация и квантование:** Ошибки предсказания подвергаются DCT, DST или другим трансформациям и квантованию.
5. **Энтропийное кодирование:** Квантованные коэффициенты и векторы движения кодируются с использованием CABAC и других методов.
6. **Адаптивная фильтрация:** Применяются deblocking filter, CDEF и loop restoration filter для улучшения качества изображения.
7. **Сборка кадра:** Кадры собираются из декодированных блоков и выводятся на дисплей.

## Заключение

AV1 представляет собой современный и высокоэффективный видеокодек, который значительно улучшает эффективность сжатия и качество изображения по сравнению с предыдущими стандартами. Это достигается за счет использования множества усовершенствованных алгоритмов и методов, таких как адаптивное деление блоков, улучшенное предсказание движения, сложные трансформации и квантование, а также мощные методы энтропийного кодирования и адаптивной фильтрации. AV1 подходит для широкого спектра приложений, от потокового видео и видеоконференций до записи видео с высоким разрешением и высоким динамическим диапазоном.

## H.264 VS H.265

H.264 (AVC) и H.265 (HEVC) – это два широко используемых стандарта видеокодирования, которые разработаны для сжатия видеофайлов, уменьшая их размер, сохраняя при этом качество изображения. H.265 был разработан как улучшение H.264, и он включает множество усовершенствований и новых функций для повышения эффективности сжатия.

# Основные отличия между H.264 и H.265

## 1. Эффективность сжатия

- H.264 (AVC) :
  - Кодек H.264 использует методы блочного кодирования, предсказания движения и трансформации для сжатия видео.
  - Средняя степень сжатия H.264 позволяет достичь хорошего качества изображения при разумных размерах файлов, но для высоких разрешений требуется значительный битрейт.
- H.265 (HEVC) :
  - H.265 улучшает методы блочного кодирования и предсказания движения, позволяя достичь того же уровня качества изображения при примерно половинном битрейте по сравнению с H.264.
  - Это достигается за счет более сложных алгоритмов и улучшенной архитектуры кодирования.

## 2. Структура блоков

- H.264 :
  - Использует макроблоки размером 16x16 пикселей, которые могут быть разделены на более мелкие блоки.
  - Поддерживает блоки размера 4x4, 8x8 и 16x16 для адаптации к различным деталям изображения.
- H.265 :
  - Вводит Coding Tree Units (CTU), которые могут иметь размеры до 64x64 пикселей, обеспечивая большую гибкость и эффективность.
  - CTU могут быть разделены на Coding Units (CU), Prediction Units (PU) и Transform Units (TU) различных размеров (например, 64x64, 32x32, 16x16 и 8x8).
  - Это позволяет более точно адаптироваться к сложным деталям изображения и снижать избыточность данных.

## 3. Предсказание и компенсация движения

- H.264 :
  - Поддерживает до 16 опорных кадров для предсказания движения.

- Предсказание движения основано на векторах движения с точностью до 1/4 пикселя.
- Использует прямое и двустороннее предсказание для улучшения качества.
- H.265 :
  - Поддерживает до 32 опорных кадров для предсказания движения, что позволяет улучшить точность и качество предсказания.
  - Векторы движения имеют точность до 1/4 и 1/8 пикселя.
  - Вводит методы амплитудной компенсации движения (AMP) и временного фильтра (Temporal Motion Vector Prediction) для повышения эффективности.

#### 4. Трансформация и квантование

- H.264 :
  - Использует дискретное косинусное преобразование (DCT) для трансформации блоков.
  - Размеры блоков для трансформации фиксированы: 4x4 и 8x8.
- H.265 :
  - Поддерживает как DCT, так и дискретное синусное преобразование (DST) для лучшего соответствия различным типам данных.
  - Размеры блоков для трансформации могут быть 4x4, 8x8, 16x16 и 32x32, что обеспечивает большую гибкость и эффективность.

#### 5. Энтропийное кодирование

- H.264 :
  - Использует контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (CABAC) и контекстно-адаптивное кодирование с изменяющейся длиной (CAVLC) для энтропийного кодирования.
- H.265 :
  - Улучшает CABAC, делая его более эффективным за счет увеличения числа контекстных моделей и улучшенного кодирования.

#### 6. Адаптивная фильтрация

- H.264 :
  - Включает фильтр для уменьшения артефактов на границах блоков (deblocking filter).

- **H.265 :**
  - Включает улучшенный deblocking filter и добавляет новый фильтр Sample Adaptive Offset ( SAO ), который корректирует ошибки квантования и улучшает качество изображения.

## 7. Поддержка разрешений и частоты кадров

- **H.264 :**
  - Поддерживает разрешения до 4K UHD 3840x2160 и частоты кадров до 60 кадров в секунду.
- **H.265 :**
  - Поддерживает разрешения до 8K UHD (8192x4320 ) и частоты кадров до 120 кадров в секунду, что делает его более подходящим для будущих применений с высоким разрешением и частотой кадров.

## 8. Применение и совместимость

- **H.264 :**
  - Широко используется в потоковом видео, видеоконференциях, видеонаблюдении и других областях.
  - Обеспечивает высокую совместимость с различными устройствами и платформами.
- **H.265 :**
  - Используется в тех же областях, что и H.264, но предоставляет улучшенные возможности для приложений с высоким разрешением и эффективностью сжатия.
  - Совместимость с устройствами постепенно улучшается, но требует поддержки аппаратного декодирования для достижения наилучших результатов.

## Заключение

H.265 представляет собой значительное улучшение по сравнению с H.264, предлагая более высокую степень сжатия при сохранении или даже улучшении качества изображения. Это достигается за счет использования более сложных и эффективных алгоритмов и методов кодирования, включая более гибкую структуру блоков, улучшенное предсказание движения, расширенные методы трансформации и квантования, а также более эффективное энтропийное кодирование и адаптивную фильтрацию. Эти усовершенствования делают H.265 более подходящим для

современных и будущих приложений, требующих высокого разрешения и высокой эффективности сжатия.

## H.265 VS VP9

VP9 и H.265 (HEVC) – это два современных стандарта видеокодирования, разработанных для повышения эффективности сжатия видео и уменьшения битрейта при сохранении высокого качества. VP9 был разработан Google как замена VP8 и конкурент H.265, который был разработан совместными усилиями ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) и ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG). Ниже приведено подробное сравнение и отличия между VP9 и H.265.

### Основные отличия между VP9 и H.265

#### 1. Эффективность сжатия

- H.265 (HEVC):
  - HEVC предназначен для сжатия видео с высоким качеством при меньшем битрейте по сравнению с H.264. Он достигает до 50% более высокой эффективности сжатия по сравнению с H.264.
  - HEVC использует сложные алгоритмы предсказания, трансформации и энтропийного кодирования для повышения эффективности.
- VP9:
  - VP9 также улучшает эффективность сжатия по сравнению с H.264, достигая до 50% более высокой эффективности.
  - VP9 использует аналогичные, но несколько различающиеся подходы к предсказанию, трансформации и энтропийному кодированию.

#### 2. Структура блоков

- H.265:
  - Вводит Coding Tree Units (CTU) размером до 64x64 пикселей.
  - CTU могут быть разделены на Coding Units (CU), Prediction Units (PU) и Transform Units (TU) различных размеров (например, 64x64, 32x32, 16x16 и 8x8).
- VP9:
  - Использует суперблоки размером до 64x64 пикселей.
  - Суперблоки могут быть разделены на меньшие блоки различных размеров (например, 32x32, 16x16, 8x8 и вплоть до 4x4), что позволяет более

точно адаптироваться к сложным деталям изображения.

### 3. Предсказание и компенсация движения

- H.265 :
  - Поддерживает до 32 опорных кадров для предсказания движения.
  - Векторы движения имеют точность до  $1/4$  и  $1/8$  пикселя.
  - Вводит методы амплитудной компенсации движения (AMP) и временного фильтра (Temporal Motion Vector Prediction).
- VP9 :
  - Поддерживает до 3 опорных кадров для предсказания движения.
  - Векторы движения имеют точность до  $1/4$  пикселя.
  - Использует многопоточное предсказание движения и сегментацию векторов движения для улучшения качества.

### 4. Трансформация и квантование

- H.265 :
  - Поддерживает размеры блоков для трансформации  $4 \times 4$ ,  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$  и  $32 \times 32$ .
  - Использует как дискретное косинусное преобразование (DCT), так и дискретное синусное преобразование (DST) для повышения эффективности.
- VP9 :
  - Поддерживает размеры блоков для трансформации  $4 \times 4$ ,  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$  и  $32 \times 32$ .
  - Использует только DCT для трансформации.

### 5. Энтропийное кодирование

- H.265 :
  - Использует улучшенное контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (CABAC), что обеспечивает высокую эффективность сжатия.
- VP9 :
  - Использует контекстно-адаптивное бинарное арифметическое кодирование (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC) и контекстно-адаптивное кодирование с изменяющейся длиной (Variable Length Coding, VLC).

## 6. Адаптивная фильтрация

- **H.265 :**
  - Включает улучшенный фильтр для уменьшения артефактов на границах блоков ( **deblocking filter** ).
  - Включает фильтр Sample Adaptive Offset ( **SAO** ) для улучшения качества изображения.
- **VP9 :**
  - Включает многоступенчатую фильтрацию, включая **deblocking filter** и восстановление границ (Loop Restoration).

## 7. Поддержка разрешений и частоты кадров

- **H.265:**
  - Поддерживает разрешения до **8K UHD (8192x4320)** и частоты кадров до 120 кадров в секунду.
- **VP9 :**
  - Поддерживает разрешения до **8K UHD (8192x4320)** и частоты кадров до 120 кадров в секунду.

## 8. Лицензирование и роялти

- **H.265 :**
  - Лицензирование H.265 требует уплаты роялти, что может быть препятствием для его широкого принятия.
  - Управляется организациями MPEG LA и HEVC Advance.
- **VP9 :**
  - VP9 является открытым и бесплатным для использования, не требует уплаты роялти.
  - Продвигается и поддерживается Google.

## Заключение

**H.265** и **VP9** оба представляют собой современные и эффективные стандарты видеокодирования, которые значительно превосходят по эффективности сжатия своих предшественников. Однако они отличаются рядом ключевых аспектов:

- **Эффективность сжатия:** Оба кодека предлагают схожую степень сжатия, но используют разные алгоритмы и методы для достижения этой цели.



- **Структура блоков:** Оба кодека используют гибкие структуры блоков для повышения эффективности, но реализация этих структур различается.
- **Предсказание движения:** H.265 предлагает более сложные методы предсказания движения и поддержку большего числа опорных кадров, в то время как VP9 использует менее сложные, но всё ещё эффективные методы.
- **Энтропийное кодирование:** H.265 использует усовершенствованное CABAC, тогда как VP9 использует смесь CABAC и VLC.
- **Лицензирование:** VP9 имеет преимущество в плане отсутствия роялти, что делает его привлекательным для разработчиков и компаний, желающих избежать дополнительных затрат.

Выбор между H.265 и VP9 будет зависеть от конкретных требований проекта, включая эффективность сжатия, совместимость с устройствами, лицензирование и роялти.

## H.265 VS AV1

### Сравнение видео-кодеков H.265 и AV1

#### 1. Основные технологии и методы, используемые в кодеках

##### H.265 (HEVC - High Efficiency Video Coding) :

- **Intra Prediction:** Улучшенное предсказание в пределах кадра для снижения избыточности.
- **Inter Prediction:** Использование сложных методов предсказания между кадрами для повышения эффективности сжатия.
- **Transform and Quantization:** Применение DCT (Discrete Cosine Transform) и DST (Discrete Sine Transform) для преобразования пространственной информации в частотную область, с последующей квантованием для сжатия данных.
- **Loop Filters:** Использование фильтров для улучшения качества видео после декодирования.
- **Entropy Coding:** Использование методов CABAC (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding) для эффективного кодирования битов.

##### AV1 (AOMedia Video 1) :

- **Intra Prediction:** Более гибкие и сложные методы предсказания в пределах

кадра.

- **Inter Prediction:** Улучшенные методы межкадрового предсказания, включая использование специальных векторов движения и сложных моделей предсказания.
- **Transform and Quantization:** Применение множества различных трансформаций и квантовок, включая KLT (Karhunen-Loeve Transform) для более эффективного сжатия.
- **Loop Filters:** Более сложные и адаптивные методы фильтрации для улучшения качества видео.
- **Entropy Coding:** Использование методов ANS (Asymmetric Numeral Systems) для более эффективного сжатия данных.

## 2. Статистика по скорости, производительности и иным метрикам

### Скорость кодирования и декодирования:

- **H.265** : Обычно имеет более высокую скорость кодирования по сравнению с AV1, но требует значительных вычислительных ресурсов для декодирования.
- **AV1** : Более медленная скорость кодирования из-за сложных алгоритмов, но также требует значительных вычислительных ресурсов для декодирования. Однако, с развитием аппаратных декодеров, скорость воспроизведения AV1 улучшается.

### Эффективность сжатия:

- **H.265** : Эффективнее сжимает видео по сравнению с предыдущими стандартами (H.264), обеспечивая примерно 50% экономии битрейта при сохранении того же качества.
- **AV1** : Обеспечивает ещё более высокую эффективность сжатия по сравнению с H.265, обеспечивая примерно на 30% меньший битрейт при том же уровне качества.

### Качество видео:

- **H.265** : Обеспечивает высокое качество видео, особенно при высоких разрешениях (4K и выше).
- **AV1** : Обеспечивает ещё более высокое качество видео при более низких битрейтах, что особенно важно для потоковой передачи видео через интернет.

## Анализ метрик:

- **VMAF (Video Multi-Method Assessment Fusion)** : Метрика, используемая для оценки восприятия качества видео.
  - **H.265** : Получает высокие оценки **VMAF** при низких и средних битрейтах.
  - **AV1** : Получает ещё более высокие оценки **VMAF** , особенно при низких битрейтах.

## 3. Применение кодеков в различных сценариях

### H.265 (HEVC):

- **Трансляция и хранение видео:** Используется для трансляции видео в высоком разрешении, включая 4K и 8K, благодаря своей эффективности сжатия.
- **Съемка и производство видео:** Часто используется в профессиональном оборудовании для съемки видео высокого качества.
- **Потоковые сервисы:** Широко поддерживается на большинстве современных устройств и платформ.

### AV1 :

- **Потоковая передача через интернет:** Идеально подходит для потоковой передачи видео благодаря высокой эффективности сжатия, что позволяет экономить пропускную способность.
- **Мобильные устройства:** Сниженный битрейт при высоком качестве делает его отличным выбором для мобильных сетей с ограниченной пропускной способностью.
- **Поддержка открытых стандартов:** **AV1** является бесплатным и открытым стандартом, что делает его привлекательным для внедрения на широком спектре устройств и платформ.

## Заключение

Выбор между **H.265** и **AV1** зависит от конкретных требований и условий использования. **H.265** лучше подходит для приложений, где важна поддержка на широком спектре устройств и высокая скорость кодирования. **AV1** предпочтительнее для потоковой передачи видео в интернете, где важна высокая эффективность сжатия и минимальные затраты на пропускную способность.

## Выводы

## Сравнение различных характеристик видеокодеков

Характеристика	H.264 (AVC)	H.265 (HEVC)	VP9	AV1
Год выпуска	2003	2013	2013	2018
Эффективность сжатия	Средняя	Высокая	Высокая	Очень высокая
Поддержка разрешений	До 4K UHD (3840x2160)	До 8K UHD (8192x4320)	До 8K UHD (8192x4320)	До 8K UHD (8192x4320)
Скорость кодирования	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая
Качество при низком битрейте	Удовлетворительное	Высокое	Высокое	Очень высокое
Совместимость и распространенность	Очень высокая	Умеренная	Высокая	Умеренная, но растущая
Лицензирование	Требуется уплаты роялти	Требуется уплаты роялти	Открытый и бесплатный	Открытый и бесплатный
Энтропийное кодирование	CABAC, CAVLC	Улучшенное CABAC	CABAC, VLC	ANS, Multi-symbol Entropy Coding
Адаптивная фильтрация	Deblocking Filter	Deblocking Filter, SAO	Deblocking Filter, Loop Restoration	Deblocking Filter, CDEF, Loop Restoration

### Где какой видеокодек использовать и почему

- **H.264 (AVC)**
  - **Применение:** Видеоконференции, потоковое видео, видеонаблюдение, запись видео на устройствах с низкой мощностью.
  - **Почему:** Высокая совместимость с различными устройствами и платформами, быстрая скорость кодирования, умеренная эффективность сжатия.
- **H.265 (HEVC)**
  - **Применение:** Потоковые сервисы (Netflix, Amazon Prime), телевидение в высоком разрешении ( 4K , 8K ), профессиональная видеосъемка.
  - **Почему:** Высокая эффективность сжатия, поддержка высоких разрешений и частоты кадров, лучшее качество при низких битрейтах.
- **VP9**

- **Применение:** Потокковое видео (YouTube), веб-видео, мобильные приложения.
- **Почему:** Открытый и бесплатный стандарт, высокая эффективность сжатия, хорошая поддержка на современных устройствах, особенно на платформах Google.
- **AV1**
  - **Применение:** Потокковая передача видео через интернет (YouTube, Netflix), мобильные устройства, веб-приложения.
  - **Почему:** Очень высокая эффективность сжатия, бесплатный и открытый стандарт, идеально подходит для потоковой передачи видео, минимальные затраты на пропускную способность.

## Заключение

Выбор видеокodeка зависит от конкретных требований и условий использования.

- **H.264 (AVC)** остается наиболее распространенным благодаря своей высокой совместимости и быстрой скорости кодирования, что делает его подходящим для широкого спектра приложений, от видеоконференций до видеонаблюдения.
- **H.265 (HEVC)** обеспечивает лучшую эффективность сжатия и качество изображения, что делает его предпочтительным для приложений с высоким разрешением, таких как потоковые сервисы и профессиональная видеосъемка. Однако его использование может быть ограничено из-за лицензионных сборов.
- **VP9** предлагает хороший компромисс между эффективностью сжатия и доступностью, будучи бесплатным и открытым стандартом, который активно используется на платформах Google.
- **AV1** является наиболее современным и эффективным видеокodeком, который обеспечивает минимальные затраты на пропускную способность и высокое качество изображения при низких битрейтах. Его открытая и бесплатная природа делает его привлекательным для широкого круга приложений, особенно для потоковой передачи видео через интернет.

## Articles

### Общая информация о кодеках

#### Статья 1

#### Сравнение H.264 и H.265

[Article 1](#)

[Article 2](#)

## **Сравнения H.265 и VP9**

[Article 1](#)

## **Сравнения H.265 и AV1**

[Article 1](#)

[Article 2](#)

[Article 3](#)

## **Quantization**

[Article 1](#)

## **I, P, B frames**

[Article 1](#)

[Article 2](#)

## **Run Length Coding**

[Article 1](#)

## **Lempel-Ziv-Welch (LZW)**

[Article 1](#)

[Article 2](#)

## **Discrete Cosine Transform (DCT)**

[Article 1](#)

## **Motion Compensation**

[Article 1](#)

## **Context Modeling**

[Article 1](#)

## **CABAC**

