(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202192499 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.12.24

(22) Дата подачи заявки
2020.03.19

(51) Int. Cl. ***H04N 19/126*** (2014.01)
H04N 19/33 (2014.01)
H04N 19/36 (2014.01)
H04N 19/187 (2014.01)
H04N 19/46 (2014.01)

(54) КВАНТОВАНИЕ ОСТАТКОВ ПРИ КОДИРОВАНИИ ВИДЕО

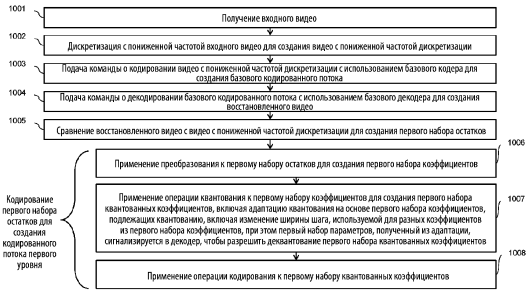
(31) **1903844.7; 1904014.6; 1904492.4; 1905325.5**
(32) **2019.03.20; 2019.03.23; 2019.03.29; 2019.04.15**
(33) **GB**
(86) **PCT/GB2020/050725**
(87) **WO 2020/188282 2020.09.24**

(71) Заявитель:
В-НОВА ИНТЕРНЭШНЛ ЛТД (GB)

(72) Изобретатель:
Меарди Гвидо (GB)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Согласно аспектам изобретения предложен способ кодирования входного видео с получением множества кодированных потоков, причем кодированные потоки могут быть объединены для восстановления входного видео. Может быть предоставлен способ кодирования, включающий получение входного видео; дискретизацию с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации; подачу команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока; подачу команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео; сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков; и кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня, включающее применение преобразования к первому набору остатков для создания первого набора коэффициентов; применение операции квантования к первому набору коэффициентов для создания первого набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования к первому набору квантованных коэффициентов, при этом применение операции квантования включает адаптацию квантования на основе первого набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включающее изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов, при этом первый набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование первого набора квантованных коэффициентов.



202192499 A1

202192499 A1

КВАНТОВАНИЕ ОСТАТКОВ ПРИ КОДИРОВАНИИ ВИДЕО

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Гибридная технология кодирования с обратной совместимостью была предложена ранее, например, в WO 2014/170819 и WO 2018/046940, содержание которых включено в настоящий документ посредством ссылки.

В указанных документах предложен способ, предусматривающий анализ потока данных с разделением на первые части кодированных данных и вторые части кодированных данных; реализацию первого декодера для декодирования первых частей кодированных данных в первое представление сигнала; реализацию второго декодера для декодирования вторых частей кодированных данных в данные восстановления, причем данные восстановления указывают, как модифицировать первое представление сигнала; и применение данных восстановления к первому представлению сигнала для получения второго представления сигнала.

Также дополнительно предлагается использование набора остаточных элементов для восстановления представления первой временной выборки сигнала. Создается набор элементов пространственно-временной корреляции, связанных с первой временной выборкой. Набор элементов пространственно-временной корреляции указывает степень пространственной корреляции между множеством остаточных элементов и степень временной корреляции между первыми опорными данными на основе представления и вторыми опорными данными на основе представления второй временной выборки сигнала. Набор элементов пространственно-временной корреляции используется для генерации выходных данных. Как отмечалось, набор остатков кодируется для уменьшения общего размера данных.

В вариантах применения кодирования обычно используют операцию квантования. Посредством этого процесса сжатия, в котором каждый из одного или большего количества диапазонов значений данных сжимается в одно значение, можно уменьшить количество различных значений в наборе видеоданных, тем самым делая эти данные более сжимаемыми. Таким образом, в некоторых видео были полезны схемы квантования для преобразования сигналов в кванты, так что определенные переменные могут принимать только определенные дискретные величины. Обычно видеокодек разделяет визуальные

данные в форме видеокадра на дискретные блоки, как правило, предварительно определенного размера или с предварительно определенным количеством пикселей. Затем к блокам обычно применяется преобразование, чтобы выразить визуальные данные в виде сумм частотных компонентов. Эти преобразованные данные затем могут быть предварительно умножены на код шкалы квантования, а потом подвергнуты поэлементному делению на матрицу квантования, при этом выходные элементы, результаты деления каждого преобразованного, предварительно умноженного элемента на элемент матрицы, затем округляются. Обработка различных преобразованных элементов с помощью делителей, а именно различных элементов матрицы квантования, обычно используется, чтобы эффективно выделять больше данных или разрешение тем частотным элементам, которые имеют большее влияние на визуальный вид видео для зрителя, чем для менее заметных компонентов.

Оптимизация необходима для дальнейшего уменьшения общего размера данных при одновременном достижении баланса между следующими целями: отсутствие ухудшения общего впечатления для пользователя после восстановления сигнала; и оптимизация скорости и сложности обработки.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Согласно первому аспекту изобретения предложен способ кодирования входного видео с получением множества кодированных потоков, причем кодированные потоки могут быть объединены для восстановления входного видео, при этом способ включает: получение входного видео, которое обычно является входным видео с полным разрешением; дискретизацию с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации; подачу команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока; подачу команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео; сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков; и кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня, включая: применение преобразования к первому набору остатков для создания первого набора коэффициентов; применение операции квантования к первому набору коэффициентов для создания первого набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования к первому набору квантованных коэффициентов, при этом применение операции квантования включает: адаптацию

квантования на основе первого набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включая изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов, при этом первый набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование первого набора квантованных коэффициентов.

Способ может преимущественно позволить повысить эффективность процесса кодирования и декодирования путем изменения степени и/или способа сжатия, применяемого к коэффициентам в процессе квантования, в зависимости от любого из ряда факторов, основанных на кодируемых видеоданных. Таким образом, способ, которым обычно выполняется процедура квантования с потерями во время кодирования видеопотока, может быть адаптирован таким образом, что соответствующий баланс между эффективным кодированием или сжатием и визуально воспринимаемым сжатием входного видео, являющийся соотношением, которое может варьироваться в значительной степени применительно к различным видеокадрам и потокам, может применяться в зависимости от природы и содержания входного видео. Эта адаптируемая форма квантования может использоваться совместно с процессом деквантования в принимающем декодере, например, посредством сигнализирования декодеру о том, каким образом было выполнено квантование, или о степени его изменения в сравнении с режимом по умолчанию, например, посредством передачи параметров, имеющих значения, которые представляют или указывают эту информацию.

Что касается способа согласно первому аспекту, этап квантования может содержать адаптацию квантования на основе анализа коэффициентов, который можно понимать как выходной сигнал преобразования. В некоторых вариантах реализации изобретения квантование может в альтернативном варианте реализация или дополнительно быть адаптировано на основе анализа данных, подлежащих преобразованию. Например, для этой цели могут быть проанализированы данные об остатках, такие как первый набор остатков.

Адаптация квантования, включая изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов, обычно включает использование разных параметров квантования для разных коэффициентов в блоке кодирования или, предпочтительно, разных параметров для каждого коэффициента в блоке кодирования. Например, каждый из коэффициентов A, H, V и D (средний, горизонтальный, вертикальный и диагональный), которые более подробно объясняются ниже, могут иметь

разные параметры квантования, применяемые к ним. Преобразование может быть преобразованием направленной декомпозиции в некоторых вариантах реализации изобретения, что также более подробно описано далее в настоящем изобретении. Блок кодирования обычно представляет собой небольшой блок кодирования NxN, и преобразования такого рода могут содержать небольшое ядро или матрицу, применяемые к сглаженным единицам кодирования остатков, например блокам остатков 2x2 или 4x4. Единицы кодирования могут быть расположены в виде мозаичных фрагментов.

Способ также обычно может включать, после создания видео с пониженной частотой дискретизации, кодирование видео с пониженной частотой дискретизации с использованием первого кодека для создания базового кодированного потока; восстановление видео из кодированного видео для создания восстановленного видео; сравнение восстановленного видео с входным видео; и создание одного или большего количества дополнительных кодированных потоков на основе сравнения.

Первый кодек обычно является аппаратным кодеком, и предпочтительно первый кодек представляет собой AVC, HEVC, AV1, VP8 или VP9. Это означает, что кодер обычно представляет собой выделенный процессор, использующий разработанный алгоритм кодирования для выполнения описанного процесса, в отличие от программного кодера, который обычно представляет собой программу кодирования, которая может выполняться на вычислительном устройстве. Следует понимать, что в данном изобретении термины «первый кодек» и «базовый кодек» могут использоваться взаимозаменяемо. Способ может дополнительно включать любое одно или большее количество из: направления базового кодированного потока, направления кодированного потока первого уровня и направления кодированного потока второго уровня.

Этап кодирования первого набора остатков, как указано выше, обычно может включать: применение преобразования к набору остатков для создания набора коэффициентов; применение операции квантования к коэффициентам для создания набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования к квантованным коэффициентам.

В некоторых вариантах реализации изобретения способ может включать создание и кодирование второго набора остатков из скорректированного восстановленного видео, и этот второй набор остатков может быть преобразован и квантован для кодирования входного видео. Предпочтительно в таких вариантах реализации изобретения способ включает декодирование первого набора остатков для создания декодированного первого

набора остатков; коррекцию восстановленного видео с использованием декодированного первого набора остатков для создания скорректированного восстановленного видео; дискретизацию с повышенной частотой скорректированного восстановленного видео для создания восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации; сравнение восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации с входным видео для создания второго набора остатков; и кодирование второго набора остатков для создания кодированного потока второго уровня, включая: применение преобразования ко второму набору остатков для создания второго набора коэффициентов; применение операции квантования ко второму набору коэффициентов для создания второго набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования ко второму набору квантованных коэффициентов, при этом применение операции квантования включает: адаптацию квантования на основе второго набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включая изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из второго набора коэффициентов, при этом второй набор параметров, полученных в результате адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы обеспечить деквантование квантованных коэффициентов.

Следует понимать, что этап кодирования второго набора остатков обычно включает, как описано аналогичным образом выше: применение преобразования ко второму набору остатков для создания набора коэффициентов; применение операции квантования к коэффициентам для создания набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования к квантованным коэффициентам.

В любом из этих вариантов реализации изобретения вышеупомянутая сигнализация набора параметров предпочтительно выполняется с использованием матрицы квантования. Матрица квантования может пониматься как массив значений, которые соответственно применяются, обычно посредством операции деления, к элементам выходного сигнала преобразования. Указанная сигнализация с использованием такой матрицы, будь то для одного или обоих из первого и второго наборов параметров, обычно включает передачу параметра режима матрицы квантования, указывающего, как значения в матрице квантования должны применяться к одному или большему количеству из первого набора коэффициентов и второго набора коэффициентов.

Параметр режима матрицы квантования может указывать путем принятия одного из предварительно определенных наборов значений параметров, например, одного из следующих режимов: первый режим, в котором декодер должен использовать набор

значений в матрице квантования как для кодированного потока первого уровня, так и для кодированного потока второго уровня; второй режим, в котором декодер должен использовать набор значений в матрице квантования для кодированного потока первого уровня; третий режим, в котором декодер должен использовать набор значений в матрице квантования для кодированного потока второго уровня; и четвертый режим, в котором две матрицы квантования сигнализируются для каждого из кодированного потока первого уровня и кодированного потока второго уровня.

В некоторых вариантах реализации изобретения параметр режима матрицы квантования также может указывать режим, в котором матрица не передается, что может соответствовать обоим из двух уровней качества с использованием матриц квантования по умолчанию или предварительно определенных матриц квантования.

Способ может включать объединение по меньшей мере кодированного потока первого уровня и кодированного потока второго уровня в объединенный кодированный поток; и передачу объединенного кодированного потока в декодер для использования при восстановлении входного видео вместе с принятым базовым кодированным потоком. В некоторых случаях объединенный кодированный поток может содержать базовый кодированный поток.

В некоторых вариантах реализации изобретения на этапе квантования применяется «мертвая зона». Таким образом, применение операции квантования может включать коэффициенты квантования с использованием линейного квантователя, при этом линейный квантователь использует мертвую зону переменного размера.

В некоторых вариантах реализации изобретения также может быть полезным, чтобы операция квантования включала использование смещения квантования, которое обычно является нецентрированным смещением квантования (или деквантования в случае инверсии этого этапа). Аналогично, как дополнительно описано ниже, в процессе декодирования для деквантования согласно способам этого изобретения в некоторых вариантах реализации изобретения каждая группа коэффициентов преобразования, переданная процессу, принадлежит определенной плоскости и слою и обычно масштабируется с использованием линейного квантователя. Таким образом, линейный квантователь может использовать нецентрированное смещение деквантования.

Обычно способ включает адаптацию распределения, используемого на этапе квантования. В некоторых вариантах реализации изобретения эта адаптация распределения предварительно определена, в то время как в альтернативном варианте реализации или дополнительно адаптация может применяться выборочно на основе анализа любого одного или большего количества из: входного видео, видео с пониженной частотой дискретизации, восстановленного видео и видео с повышенной частотой дискретизации. Таким образом могут быть улучшены общие рабочие характеристики кодера и декодера.

В некоторых вариантах реализации изобретения может быть предпочтительно, чтобы адаптация квантования применялась выборочно. Это может быть основано, например, на предварительно определенном наборе правил. Дополнительно или в альтернативном варианте реализации изобретения это может быть определительно применено на основе анализа или обратной связи о рабочих характеристиках, в частности характеристиках декодирования.

Также может быть предоставлен кодер, выполненный с возможностью выполнения способа любого из вышеупомянутых аспектов реализации изобретения.

В соответствии с другим аспектом может быть предоставлен способ декодирования кодированного потока в восстановленное выходное видео, причем способ включает: получение первого базового кодированного потока; подачу команды об операции декодирования для первого кодированного базового потока с использованием базового декодера для создания первого выходного видео; получение кодированного потока первого уровня; декодирование кодированного потока первого уровня для получения первого набора остатков; и объединение первого набора остатков с первым выходным видео для создания восстановленного видео, при этом декодирование кодированного потока первого уровня включает: декодирование первого набора квантованных коэффициентов из кодированного потока первого уровня; получение первого набора параметров, указывающих, как деквантовать первый набор квантованных коэффициентов; и деквантование первого набора квантованных коэффициентов с использованием первого набора параметров, при этом разные коэффициенты из первого набора квантованных коэффициентов подвергаются деквантованию с использованием соответствующих параметров деквантования.

Остатки обычно получают путем декодирования принятого потока. В частности, получение первого набора параметров может включать: получение параметра режима

квантования, сигнализируемого с помощью кодированного потока первого уровня; в ответ на первое значение параметра режима квантования использование матрицы квантования по умолчанию в качестве первого набора параметров; в ответ на другие значения параметра режима квантования получение матрицы квантования, сигнализируемой кодированным потоком первого уровня, и использование матрицы квантования в качестве первого набора параметров.

Обычно декодирование кодированного потока первого уровня включает: применение операции энтропийного декодирования к кодированному потоку первого уровня перед деквантованием первого набора квантованных коэффициентов; и применение операции обратного преобразования для создания первого набора остатков после деквантования первого набора квантованных коэффициентов.

Согласно вышеупомянутому аспекту способ декодирования множества кодированных потоков в восстановленное выходное видео может включать: получение первого базового кодированного потока; декодирование первого базового кодированного потока согласно первому кодеку для генерации первого выходного видео; получение одного или большего количества дополнительных кодированных потоков; декодирование одного или большего количества дополнительных кодированных потоков для генерации набора остатков; и объединение набора остатков с первым видео для генерации декодированного видео.

В некоторых вариантах реализации изобретения способ включает извлечение множества параметров декодирования из заголовка. Параметры декодирования могут указывать, какие процедурные этапы были включены в процесс кодирования.

Как более подробно описано ниже в этом описании, использование двух уровней кодированных потоков может выгодно использоваться в процессе кодирования и декодирования. Некоторые варианты реализации изобретения могут, соответственно, дополнительно включать: получение кодированного потока второго уровня; декодирование кодированного потока второго уровня для получения второго набора остатков; и объединение второго набора остатков с вариантом восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации для восстановления входного видео с исходным разрешением, при этом декодирование кодированного потока второго уровня включает: декодирование второго набора квантованных коэффициентов из кодированного потока второго уровня; получение второго набора параметров, указывающих, как деквантовать второй набор квантованных коэффициентов; и деквантование второго набора квантованных

коэффициентов с использованием второго набора параметров, при этом разные коэффициенты из второго набора квантованных коэффициентов подвергаются деквантованию с использованием соответствующих параметров деквантования.

Например, деквантование может включать получение одной или большего количества матриц квантования от кодера и использование соответствующей матрицы на этапе деквантования для определения соответствующего параметра квантования для блока кодированного видеокадра. Таким образом, в некоторых вариантах реализации изобретения получение первого и второго набора параметров может включать: получение матрицы квантования, сигнализируемой с помощью одного или большего количества из кодированных потоков первого и второго уровня, и деквантование содержит для множества квантованных элементов коэффициентов в блоке квантованных коэффициентов для видеокадра блок, соответствующий сетке элементов изображения n на n, причем кадр содержит множество блоков, которые покрывают пространственную область, связанную с кадром; получение параметра квантования из матрицы квантования на основании расположения заданного элемента квантованного коэффициента; и использование параметра квантования для деквантования заданного элемента квантованного коэффициента. Как упоминалось выше, деквантование обычно включает использование операции линейного деквантования и применение нецентрированного смещения деквантования.

Также может быть предоставлен декодер для декодирования кодированного потока в восстановленное выходное видео, выполненный с возможностью выполнения способа любого из вышеупомянутых аспектов или реализаций.

Согласно дополнительным аспектам изобретения может быть предоставлен энергонезависимый машиночитаемый носитель данных, хранящий команды, которые при выполнении процессором побуждают процессор выполнять любой из способов вышеупомянутых аспектов.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

На Фиг. 1 показана высокоуровневая схема процесса кодирования;

на Фиг. 2 показана высокоуровневая схема процесса декодирования;

на Фиг. 3 показана высокоуровневая схема процесса кодирования и конкретных этапов кодирования;

на Фиг. 4 показана высокоуровневая схема процесса декодирования и конкретных этапов декодирования;

На Фиг. 5 показана высокоуровневая схема процесса кодирования;

на Фиг. 6 показана высокоуровневая схема дополнительного процесса декодирования; и

на Фиг. 7 показана блок-схема описанных в настоящем документе концепций.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к способам. В частности, настоящее изобретение относится к способам кодирования и декодирования сигналов. Обработка данных может включать, помимо прочего, получение, извлечение, подачу на выход, получение и восстановление данных.

Описываемая в настоящем документе технология кодирования является гибким, адаптируемым, высокоэффективным и недорогим в вычислительном отношении форматом кодирования, сочетающим в себе формат кодирования видео, базовый кодек (например, AVC, HEVC или любой другой кодек, который существует в настоящее время или появится в будущем) с уровнем улучшения кодированных данных, кодированных с использованием другой методики. Технология использует исходный сигнал с пониженной частотой дискретизации, кодированный с использованием базового кодека, для формирования базового потока. Поток улучшения формируется с использованием кодированного набора остатков, которые корректируют или улучшают базовый поток, например, путем увеличения разрешения или увеличения частоты кадров. В иерархической структуре может быть несколько уровней данных улучшения. В определенных схемах базовый поток может быть декодирован аппаратным декодером, в то время как поток улучшения может подходить для программной реализации.

Важно, чтобы любая оптимизация, используемая в новой технологии кодирования, была адаптирована к конкретным требованиям или ограничениям потока улучшений и имела низкий уровень сложности. Такие требования или ограничения включают: потенциальное снижение вычислительных возможностей в результате необходимости программного декодирования потока улучшения; необходимость сочетания декодированного набора остатков с декодированным кадром; вероятную структуру остаточных данных, то есть относительно высокую долю нулевых значений с сильно изменчивыми значениями данных в широком диапазоне; нюансы квантованного блока коэффициентов; и структуру

потока улучшений, представляющую собой набор дискретных остаточных кадров, разделенных на различные компоненты. Обратите внимание, что ограничения, наложенные на поток улучшения, означают, что простая и быстрая операция энтропийного кодирования важна для обеспечения возможности потока улучшения эффективно корректировать или улучшать отдельные кадры базового декодированного видео. Обратите внимание, что в некоторых сценариях базовый поток также декодируется практически одновременно перед объединением, что создает нагрузку на ресурсы.

В одном случае описанные в настоящем документе способы могут применяться к так называемым плоскостям данных, которые отражают различные цветовые компоненты видеосигнала. Например, описанные в настоящем документе способы могут применяться к различным плоскостям данных YUV или RGB, соответствующим различным цветовым каналам. Различные цветовые каналы могут обрабатываться параллельно. Следовательно, упоминания наборов остатков в настоящем документе могут охватывать несколько наборов остатков, причем каждый цветовой компонент имеет различный набор остатков, которые образуют часть объединенного потока улучшения. Компоненты каждого потока могут быть сопоставлены в любом логическом порядке, например, каждая плоскость на одном уровне может быть сгруппирована и отправлена вместе или, в альтернативном варианте реализации изобретения, наборы остатков для разных уровней в каждой плоскости могут быть отправлены вместе.

Настоящий документ предпочтительно соответствует требованиям следующих документов ISO/IEC: “Call for Proposals for Low Complexity Video Coding Enhancements” («Конкурс предложений по усовершенствованиям кодирования видео низкой сложности») ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N17944, Макао, Китай, октябрь 2018 г. и “Requirements for Low Complexity Video Coding Enhancements” («Требования к усовершенствованиям кодирования видео низкой сложности») ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N18098, Макао, Китай, октябрь 2018 г. (которые включены в настоящий документ посредством ссылки).

Общая структура предложенной схемы кодирования, в которой может применяться описываемая в данном документе технология, использует сигнал источника с пониженной частотой дискретизации, кодированный с использованием базового кодека, добавляет первый уровень данных коррекции к декодированному выходному сигналу базового кодека для генерации скорректированного изображения, а затем добавляет дополнительный уровень данных улучшения к варианту скорректированного изображения с повышенной частотой дискретизации. Таким образом, потоки считаются базовым

потоком и потоком улучшения. Такая структура создает множество степеней свободы, которые обеспечивают большую гибкость и адаптируемость ко многим ситуациям, что делает формат кодирования подходящим для многих сценариев использования, включая передачу по технологии OTT, прямую трансляцию, прямую трансляцию сверхвысокой четкости (UHD) и т. д. Хотя декодированный выходной сигнал базового кодека не предназначен для просмотра, это полностью декодированное видео с более низким разрешением, что делает выходной сигнал совместимым с существующими декодерами и, в случаях, если это считается подходящим, также может использоваться в качестве выходного сигнала с более низким разрешением. В некоторых случаях базовый кодек может использоваться для создания базового потока. Базовый кодек может содержать независимый кодек, управляемый по модульному принципу или по принципу «черного ящика». Описанные в настоящем документе способы могут быть реализованы посредством компьютерного программного кода, который выполняется процессором и выполняет вызовы функций в аппаратных и/или программно реализованных базовых кодеках.

В целом, используемый в данном документе термин «остатки» относится к разности между значением опорного массива или опорного кадра и фактическим массивом или кадром данных. Массив может быть одно- или двумерным массивом, представляющим единицу кодирования. Например, единица кодирования может быть набором остаточных значений 2x2 или 4x4, которые соответствуют областям аналогичного размера входного видеокадра. Следует отметить, что этот обобщенный пример не зависит от выполняемых операций кодирования и характера входного сигнала. Употребляемый в данном документе термин «остаточные данные» относится к данным, полученным из набора остатков, например, самого набора остатков или выходного сигнала набора операций обработки данных, которые выполняются с набором остатков. В настоящем описании, как правило, набор остатков включает множество остатков или остаточных элементов, каждый остаток или остаточный элемент соответствует элементу сигнала, то есть элементу сигнала или исходных данных. Сигнал может представлять собой изображение или видео. В этих примерах набор остатков соответствует изображению или кадру видео, причем каждый остаток связан с пикселем сигнала, при этом пиксель является элементом сигнала. Примеры, приведенные в данном документе, описывают, как эти остатки могут быть изменены (то есть обработаны), чтобы повлиять на конвейер кодирования или, в конечном итоге, декодированное изображение при уменьшении общего размера данных. Остатки или наборы могут обрабатываться на основе каждого остаточного элемента (или остатка)

или обрабатываться на групповой основе, например, для каждого мозаичного фрагмента или единицы кодирования, причем мозаичный фрагмент или единица кодирования является соседним подмножеством набора остатков. В одном случае мозаичный фрагмент может содержать группу меньших единиц кодирования. Обратите внимание, что обработка может выполняться на каждом кадре видео или только на заданном количестве кадров в последовательности.

В целом каждый поток улучшения или оба потока улучшения могут быть инкапсулированы в один или большее количество битовых потоков улучшения с использованием набора единиц уровня абстракции сети (NALU). NALU предназначены для инкапсуляции битового потока улучшения, чтобы применить улучшение к правильному базовому восстановленному кадру. NALU может, например, содержать ссылочный индекс для NALU, содержащей битовый поток восстановленного кадра базового декодера, к которому должно быть применено улучшение. Таким образом, улучшение может быть синхронизировано с базовым потоком, а кадры каждого битового потока объединены для создания декодированного выходного видео (т. е. остатки каждого кадра уровня улучшения объединяются с кадром базового декодированного потока). Группа изображений может представлять несколько NALU.

Возвращаясь к начальному процессу, описанному выше, где базовый поток предоставляется вместе с двумя уровнями (или подуровнями) улучшения в потоке улучшения, пример обобщенного процесса кодирования изображен на блок-схеме на Фиг. 1. Входное видео 100 с полным разрешением обрабатывается для создания различных кодированных потоков 101, 102, 103. Первый кодированный поток (кодированный базовый поток) создается путем подачи в базовый кодек (например, AVC, HEVC или любой другой кодек) варианта входного видео с пониженной частотой дискретизации. Кодированный базовый поток может называться базовым слоем или базовым уровнем. Второй кодированный поток (кодированный поток уровня 1) создается путем обработки остатков, полученных путем нахождения разности между восстановленным видео базового кодека и вариантом входящего видео с пониженной частотой дискретизации. Третий кодированный поток (кодированный поток уровня 2) создается путем обработки остатков, полученных путем нахождения разности между вариантом с повышенной частотой дискретизации скорректированного варианта восстановленного базового кодированного видео и входным видео. В некоторых случаях компоненты Фиг. 1 могут обеспечивать общий кодер низкого уровня сложности. В некоторых случаях потоки улучшения могут быть созданы

процессами кодирования, образующими часть кодера низкой сложности, и кодер низкой сложности может быть выполнен с возможностью управления независимым базовым кодером и декодером (например, как упакованный базовый кодек). В других случаях базовый кодер и декодер могут предоставляться как часть кодера низкой сложности. В одном случае кодер низкой сложности на Фиг. 1 может рассматриваться как форма оболочки для базового кодека, причем функциональность базового кодека может быть скрыта от объекта, реализующего кодер низкой сложности.

Операция дискретизации с пониженной частотой, проиллюстрированная компонентом 105 дискретизации с пониженной частотой, может применяться к входному видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации, которое должно кодироваться базовым кодером 113 базового кодека. Дискретизация с пониженной частотой может выполняться как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, или, в альтернативном варианте реализации изобретения, только в горизонтальном направлении. Базовый кодер 113 и базовый декодер 114 могут быть реализованы посредством базового кодека (например, как разные функции общего кодека). Базовый кодек и/или один или большее количество из базового кодера 113 и базового декодера 114 могут содержать выполненные соответствующим образом электронные схемы (например, аппаратный кодер/декодер) и/или компьютерный программный код, который выполняется процессором.

Каждый процесс кодирования потока улучшения не обязательно может включать этап дискретизации с повышенной частотой. На Фиг. 1, например, первый поток улучшения концептуально является потоком коррекции, в то время как второй поток улучшения подвергается дискретизации с повышенной частотой для обеспечения уровня улучшения.

Рассматривая процесс создания потоков улучшения более подробно, для создания кодированного потока уровня 1 кодированный базовый поток декодируется базовым декодером 114 (т. е. операция декодирования применяется к кодированному базовому потоку для создания декодированного базового потока). Декодирование может выполняться функцией декодирования или режимом базового кодека. Затем определяется разность между декодированным базовым потоком и входным видео с пониженной частотой дискретизации на компараторе 110 уровня 1 (т. е. операция вычитания применяется к входному видео с пониженной частотой дискретизации и декодированному базовому потоку для создания первого набора остатков). Выходной сигнал компаратора 110 может называться первым набором остатков, например, поверхность или кадр

остаточных данных, где остаточное значение определяется для каждого элемента изображения с разрешением базового кодера 113, базового декодера 114 и выходного сигнала блока 105 дискретизации с пониженной частотой.

Затем разность кодируется первым кодером 115 (т. е. кодером уровня 1) для создания кодированного потока 102 уровня 1 (т. е. операция кодирования применяется к первому набору остатков для создания первого потока улучшения).

Как отмечено выше, поток улучшения может содержать первый уровень 102 улучшения и второй уровень 103 улучшения. Первый уровень 102 улучшения может рассматриваться как скорректированный поток, например поток, обеспечивающий уровень коррекции для базового кодированного/декодированного видеосигнала с более низким разрешением, чем входное видео 100. Второй уровень 103 улучшения может рассматриваться как дополнительный уровень улучшения, который преобразует скорректированный поток в исходное входное видео 100, например, который применяет уровень улучшения или коррекции к сигналу, восстановленному из скорректированного потока.

В примере на Фиг. 1 второй уровень 103 улучшения создается путем кодирования дополнительного набора остатков. Дополнительный набор остатков создается компаратором 119 уровня 2. Компаратор 119 уровня 2 определяет разность между вариантом с повышенной частотой дискретизации декодированного потока уровня 1, например выходным сигналом компонента 117 дискретизации с повышенной частотой, и входным видео 100. Входной сигнал компонента 117 дискретизации с повышенной частотой создается путем применения первого декодера (т. е. декодера уровня 1) к выходному сигналу первого кодера 115. Это создает декодированный набор остатков уровня 1. Затем они объединяются с выходным сигналом базового декодера 114 в компоненте 120 суммирования. Таким образом, фактически, применяются остатки уровня 1 к выходному сигналу базового декодера 114. Это позволяет скорректировать потери в процессе кодирования и декодирования уровня 1 с помощью остатков уровня 2. Выходной сигнал компонента 120 суммирования можно рассматривать как смоделированный сигнал, представляющий результат применения обработки уровня 1 к кодированному базовому потоку 101 и кодированному потоку 102 уровня 1 в декодере.

Как указывалось, поток с повышенной частотой дискретизации сравнивается с входным видео, что создает дополнительный набор остатков (т. е. операция определения разности применяется к воссозданному потоку с повышенной частотой дискретизации, чтобы

сгенерировать дополнительный набор остатков). Дополнительный набор остатков затем кодируется вторым кодером 121 (т. е. кодером уровня 2) как кодированный поток улучшения уровня 2 (т. е. операция кодирования затем применяется к дополнительному набору остатков, чтобы сгенерировать кодированный дополнительный поток улучшения).

Таким образом, как проиллюстрировано на Фиг. 1 и описано выше, выходным сигналом процесса кодирования является базовой поток 101 и один или большее количество потоков 102, 103 улучшения, которые предпочтительно содержат первый уровень улучшения и дополнительный уровень улучшения. Три потока 101, 102 и 103 могут быть объединены с дополнительной информацией, такой как заголовки управления, или без нее для создания объединенного потока для структуры кодирования видео, которая представляет входное видео 100. Следует отметить, что компоненты, показанные на Фиг. 1, могут работать с блоками или единицами кодирования данных, например, соответствующими частям 2x2 или 4x4 кадра на конкретном уровне разрешения. Компоненты работают без каких-либо межблоковых зависимостей, поэтому они могут применяться параллельно к нескольким блокам или единицам кодирования в пределах кадра. Это отличается от сравнительных схем кодирования видео, в которых существуют зависимости между блоками (например, пространственные или временные зависимости). Зависимости сравнительных схем кодирования видео ограничивают уровень параллельной обработки данных и требуют гораздо большей сложности.

Соответствующий обобщенный процесс декодирования приведен на блок-схеме на Фиг. 2. Можно сказать, что на Фиг. 2 показан декодер низкой сложности, который соответствует кодеру низкой сложности на Фиг. 1. Декодер низкой сложности принимает три потока 101, 102, 103, сгенерированные кодером низкой сложности, вместе с заголовками 204, содержащими дополнительную информацию декодирования. Кодированный базовый поток 101 декодируется базовым декодером 210, соответствующим базовому кодеку, используемому в кодере низкой сложности. Кодированный поток 102 уровня 1 принимается первым декодером 211 (т. е. декодером уровня 1), который декодирует первый набор остатков, кодированный первым кодером 115 согласно Фиг. 1. В первом компоненте суммирования 212 выходной сигнал базового декодера 210 объединяется с декодированными остатками, полученными от первого декодера 211. Комбинированное видео, которое можно назвать восстановленным видеосигналом уровня 1, подвергается дискретизации с повышенной частотой компонентом 213 дискретизации с повышенной частотой. Кодированный поток 103 уровня 2 принимается вторым декодером 214 (т. е.

декодером уровня 2). Второй декодер 214 декодирует второй набор остатков, кодированный вторым кодером 121 на Фиг. 1. Хотя заголовки 204 показаны на Фиг. 2 как используемые вторым декодером 214, они также могут использоваться первым декодером 211, а также базовым декодером 210. Выходной сигнал второго декодера 214 — это второй набор декодированных остатков. Они могут иметь более высокое разрешение по сравнению с первым набором остатков и входным сигналом компонента 213 дискретизации с повышенной частотой. Во втором компоненте суммирования 215 второй набор остатков от второго декодера 214 объединяется с выходным сигналом компонента 213 дискретизации с повышенной частотой, т. е. с восстановленным сигналом уровня 1 после дискретизации с повышенной частотой, для восстановления декодированного видео 250.

Что касается кодера низкой сложности, декодер низкой сложности на Фиг. 2 может работать параллельно с разными блоками или единицами кодирования конкретного кадра видеосигнала. Кроме того, декодирование двумя или большим количеством из базового декодера 210, первого декодера 211 и второго декодера 214 может выполняться параллельно. Это возможно благодаря отсутствию межблочных зависимостей.

В процессе декодирования декодер может анализировать заголовки 204 (которые могут содержать информацию о глобальной конфигурации, информацию о конфигурации изображения или кадра и информацию о конфигурации блока данных) и конфигурировать декодер низкой сложности на основе этих заголовков. Чтобы воссоздать входное видео, декодер низкой сложности может декодировать каждый из базового потока, первого потока улучшения и дополнительного или второго потока улучшения. Кадры потока могут быть синхронизированы, а затем объединены для получения декодированного видео 250. Декодированное видео 250 может быть восстановлением исходного входного видео 100 с потерями или без потерь в зависимости от конфигурации кодера и декодера низкой сложности. Во многих случаях декодированное видео 250 может быть реконструкцией с потерями исходного входного видео 100, причем потери имеют уменьшенное или минимальное влияние на восприятие декодированного видео 250.

На каждой из Фиг. 1 и 2 операции кодирования уровня 2 и уровня 1 могут включать этапы преобразования, квантования и энтропийного кодирования (например, в таком порядке). Точно так же на этапе декодирования остатки могут быть пропущены через энтропийный декодер, деквантователь и модуль обратного преобразования (например, в этом порядке). Может использоваться любое подходящее кодирование и соответствующая операция

декодирования. Однако предпочтительно, чтобы этапы кодирования уровня 2 и уровня 1 могли выполняться в программном обеспечении (например, как выполняемые одним или большим количеством центральных или графических модулей обработки в устройстве кодирования).

Преобразование, описанное в данном документе, может использовать преобразование направленной декомпозиции, такое как преобразование на основе преобразования Адамара. Оба могут содержать небольшое ядро или матрицу, применяемые к сглаженным единицам кодирования остатков (т. е. блокам остатков 2x2 или 4x4). Более подробную информацию о преобразовании можно найти, например, в патентных заявках PCT/EP2013/059847 или PCT/GB2017/052632, которые включены в настоящий документ посредством ссылки. Кодер может выбирать между различными преобразованиями, которые будут использоваться, например, размер применяемого ядра.

Преобразование может преобразовать остаточную информацию на четыре поверхности. Например, преобразование может создавать следующие компоненты: средний, вертикальный, горизонтальный и диагональный. Как упоминалось ранее в данном описании, эти компоненты, подаваемые на выход преобразования, могут использоваться в таких вариантах реализации изобретения как коэффициенты, подлежащие квантованию в соответствии с описанными способами.

Таким образом, приведенные в данном документе способы и устройства основаны на общем подходе, который построен на существующем алгоритме кодирования и/или декодирования (таком как стандарты MPEG, такие как AVC/H.264, HEVC/H.265 и т. п., а также нестандартном алгоритме, таком как VP9, AV1 и другие), который работает как базовый уровень для слоя улучшения в соответствии с другим подходом к кодированию и/или декодированию. Идея, лежащая в основе общего подхода этих примеров, заключается в иерархическом кодировании/декодировании видеокадра в отличие от блочных подходов, используемых в семействе алгоритмов MPEG. Иерархическое кодирование кадра включает генерацию остатков для полного кадра, а затем прореженного кадра и т. д.

Остаточные данные сжатия видео для полноразмерного видеокадра могут называться LoQ-2 (например, 1920x1080 для видеокадра HD или выше для кадра UHD), тогда как данные прореженного кадра могут называться LoQ-x, где x обозначает число, соответствующее иерархическому прореживанию. В описанных примерах на Фиг. 1 и 2 переменная x может

иметь значения 1 и 2, представляющие первый и второй потоки улучшения. Следовательно, существует 2 иерархических уровня, для которых будут генерироваться остатки сжатия. Другие схемы именования уровней также могут применяться без каких-либо изменений в функциональности (например, потоки улучшения уровня 1 и уровня 2, описанные в данном документе, могут в альтернативном варианте реализации изобретения называться потоками уровня 1 и уровня 2, представляя отсчет вниз от наивысшего разрешения).

Более подробный процесс кодирования изображен на блок-схеме на Фиг. 3. Процесс кодирования разделен на две половины, как показано пунктирной линией. Под пунктирной линией показан базовый уровень кодера 300, который может быть реализован аппаратно или программно. Над пунктирной линией изображен уровень улучшения, который может быть успешно реализован в программном обеспечении. Кодер 300 может содержать только процессы уровня улучшения или комбинацию процессов базового уровня и процессов уровня улучшения, если необходимо. Кодер 300 может быть успешно реализован в программном обеспечении, особенно на уровне улучшения. Эта компоновка позволяет, например, использовать предшествующий аппаратный кодер, который обеспечивает базовый уровень, с обновлением с использованием обновления микропрограммного обеспечения (прошивки) (например, программного обеспечения), причем микропрограммное обеспечение выполнено с возможностью обеспечения уровня улучшения. В более новых устройствах как базовый уровень, так и уровень улучшения могут быть обеспечены аппаратными средствами и/или комбинацией аппаратных средств и программного обеспечения.

Топология кодера на общем уровне следующая. Кодер 300 содержит вход I для получения входного сигнала 30. Входной сигнал 30 может содержать входной видеосигнал, в котором кодер применяется покадрово. Вход I соединен с устройством 305D дискретизации с пониженной частотой и блоком 300-2 обработки. Устройство 305D дискретизации с пониженной частотой может соответствовать компоненту 105 дискретизации с пониженной частотой на Фиг. 1, а блок 300-2 обработки может соответствовать второму кодеру 121 на Фиг. 1. Устройство 305D дискретизации с пониженной частотой подает на выход сигнал в базовый кодек 320 на базовом уровне кодера 300. Базовый кодек 320 может реализовывать базовый кодер 113 и базовый декодер 114 согласно Фиг. 1. Устройство 305D дискретизации с пониженной частотой также подает на выход данные в блок 300-1 обработки. Блок 300-1 обработки может соответствовать первому кодеру 115 на Фиг. 1.

Блок 300-1 обработки передает выходной сигнал устройству 305U дискретизации с повышенной частотой, которое, в свою очередь, подает на выход сигнал в блок 300-2 обработки. Устройство 305U дискретизации с повышенной частотой может соответствовать компоненту 117 дискретизации с повышенной частотой на Фиг. 1. Каждый из блоков 300-2 и 300-1 обработки содержит один или большее количество из следующих модулей: блок 310 преобразования, блок 320 квантования, блок 330 энтропийного кодирования и блок 350 обработки остатков. Блок 350 остатков может выполняться до блока 310 преобразования и/или управления обработкой остатков в блоках 300 обработки. Порядок обработки может быть таким, как указано в графических материалах.

Входной сигнал 30, такой как указан в этом примере видео с полным (или наивысшим) разрешением, обрабатывается кодером 300 для генерации различных кодированных потоков. Базовый кодированный поток создается путем подачи в базовый кодек 320 (например, AVC, HEVC или любой другой кодек) на базовом уровне варианта входного видео 30 с пониженной частотой дискретизации с использованием устройства 305D дискретизации с пониженной частотой. Базовый кодированный поток может содержать выходные данные базового кодера базового кодека 320. Первый кодированный поток (кодированный поток уровня 1) создается путем восстановления кодированного базового потока для создания базового восстановления и последующего нахождения разности между базовым восстановлением и вариантом с пониженной частотой дискретизации входного видео 30. Восстановление кодированного базового потока может включать получение декодированного базового потока из базового кодека (т. е. входной сигнал блока 300-1 обработки содержит базовый декодированный поток, как показано на Фиг. 1). Затем разностный сигнал обрабатывается в блоке 300-1 для создания кодированного потока уровня 1. Блок 300-1 содержит блок преобразования 310-1, блок квантования 320-1 и блок энтропийного кодирования 330-1. Второй кодированный поток (кодированный поток уровня 2) создается посредством дискретизации с повышенной частотой скорректированного варианта базового восстановления с использованием устройства 305U дискретизации с повышенной частотой и нахождения разности между скорректированным вариантом базового восстановления и входным сигналом 30. Затем этот разностный сигнал обрабатывается в блоке 300-2 для создания кодированного потока уровня 2. Блок 300-2 содержит блок преобразования 310-2, блок квантования 320-2, блок энтропийного кодирования 330-2 и блок обработки 350-2 остатков. Как и в случае блока 300-1 обработки блоки могут выполняться в порядке, показанном в графических материалах (например,

обработка остатков с последующим преобразованием, потом квантованием и затем энтропийным кодированием).

Схема квантования может быть полезной для преобразования остаточных сигналов в кванты, чтобы определенные переменные могли принимать только определенные дискретные величины. В одном случае квантование включает деление на предварительно заданную ширину шага. Это может применяться на обоих уровнях (1 и 2). Например, квантование в блоке 320 может включать разделение преобразованных остаточных значений на ширину шага (например, когда целочисленное частное используется для генерации квантованного значения, а остаток игнорируется). Ширина шага может быть определена предварительно, например, выбрана на основе требуемого уровня квантования. В одном случае деление на ширину шага может быть преобразовано в умножение на обратную величину ширины шага, что может быть более эффективно реализовано аппаратно. В этом случае деквантование, такое как на этапе 320, может содержать умножение на ширину шага. Энтропийное кодирование, как описано в данном документе, может включать кодирование длин серий (RLE), затем обработку кодированного выходного сигнала выполняют с использованием кодера Хаффмана. В некоторых случаях, когда желательно энтропийное кодирование, может использоваться только одна из этих схем.

Кодированный базовый поток может называться потоком базового уровня.

Как описано ранее, остатки вычисляются путем сравнения исходной формы сигнала изображения с восстановленной формой сигнала изображения. Например, в одном случае остатки для потока улучшения L-2 определяются путем вычитания выходного сигнала дискретизации с повышенной частотой из исходной формы сигнала изображения (например, входного видео, как показано в графических материалах). Можно сказать, что входной сигнал для дискретизации с повышенной частотой является восстановлением сигнала после моделирования декодирования. В другом случае остатки для потока улучшения L-1 определяются путем вычитания потока изображения, подаваемого на выход базовым декодером, из дискретизированной с пониженной частотой формы исходного сигнала изображения (например, выходного сигнала дискретизации с пониженной частотой).

Декодер 400, который выполняет процесс декодирования, соответствующий кодеру на Фиг. 3, изображен на блок-схеме на Фиг. 4. Процесс декодирования разделен на две половины,

как показано пунктирной линией. Ниже пунктирной линии показан базовый уровень декодера 400, который может быть успешно реализован аппаратно. Над пунктирной линией изображен уровень улучшения, который может быть успешно реализован в программном обеспечении. Декодер 400 может содержать только процессы уровня улучшения или комбинацию процессов базового уровня и процессов уровня улучшения, если необходимо. Декодер 400 может быть успешно реализован в программном обеспечении, особенно на уровне улучшения, и может подходящим образом заменять предшествующую технологию декодирования, в частности, предшествующую технологию аппаратного обеспечения. Под предшествующей технологией подразумевается более старая технология, ранее разработанная и реализованная, которая уже присутствует на рынке, которую было бы неудобно и/или дорого заменять и которая все еще может служить цели декодирования сигналов. В других случаях базовый уровень может включать любой существующий и/или будущий инструмент либо технологию кодирования видео.

Топология декодера на общем уровне следующая. Декодер 400 содержит вход (не показан) для получения одного или большего количества входных сигналов, содержащих кодированный базовой поток, кодированный поток уровня 1 и кодированный поток уровня 2 вместе с дополнительными заголовками, содержащими дополнительную информацию декодирования. Декодер 400 содержит базовый декодер 420 на базовом уровне и блоки 400-1 и 400-2 обработки на уровне улучшения. Устройство 405U дискретизации с повышенной частотой также предусмотрено между блоками 400-1 и 400-2 обработки, чтобы предоставить блоку 400-2 обработки вариант выходного сигнала с повышенной частотой дискретизации посредством блока 400-1 обработки. Базовый декодер 420 может соответствовать базовому декодеру 210 на Фиг. 2, блок 400-1 обработки может соответствовать первому декодеру 211 на Фиг. 2, блок 400-2 обработки может соответствовать второму декодеру 214 на Фиг. 2 и устройство 405U дискретизации с повышенной частотой может соответствовать устройству 213 дискретизации с повышенной частотой на Фиг. 2.

Декодер 400 принимает один или большее количество входных сигналов и направляет три потока, сгенерированные кодером 300. Кодированный базовый поток направляется и декодируется базовым декодером 420, который соответствует базовому кодеку 420, используемому в кодере 300, и который осуществляет реверсирование процесса кодирования на базовом уровне. Кодированный поток уровня 1 обрабатывается блоком

400-1 декодера 400 для воссоздания первого набора остатков, созданного кодером 300. Блок 400-1 соответствует блоку 300-1 обработки в кодере 300 и на базовом уровне функционирует так, чтобы обратить или по существу обратить обработку блока 300-1. Выходной сигнал базового декодера 420 объединяется с первым набором остатков, полученных из кодированного потока уровня 1. Комбинированный сигнал подвергается дискретизации с повышенной частотой с помощью устройства 405U дискретизации с повышенной частотой. Кодированный поток уровня 2 обрабатывается блоком 400-2 для воссоздания дополнительных остатков, созданных кодером 300. Блок 400-2 соответствует блоку 300-2 обработки кодера 300 и на базовом уровне функционирует так, чтобы обратить или по существу обратить обработку блока 300-2. Сигнал с повышенной частотой дискретизации от устройства 405U дискретизации с повышенной частотой объединяется с дополнительными остатками, полученными из кодированного потока уровня 2, чтобы создать восстановление уровня 2 входного сигнала 30. Выходной сигнал блока 400-2 обработки можно рассматривать как декодированное видео, подобное декодированному видео 250 на Фиг. 2.

Как отмечено выше, поток улучшения может содержать два потока, а именно кодированный поток уровня 1 (первый уровень улучшения) и кодированный поток уровня 2 (второй уровень улучшения). Кодированный поток уровня 1 обеспечивает набор данных коррекции, которые могут быть объединены с декодированным вариантом базового потока для генерации скорректированного изображения.

На Фиг. 5 более подробно показан кодер 300, изображенный на Фиг. 1. Кодированный базовой поток создается непосредственно базовым кодером 320E и может быть квантован и энтропийно кодирован по мере необходимости. В некоторых случаях эти последние процессы могут выполняться как часть кодирования базовым кодером 320E. Чтобы сгенерировать кодированный поток уровня 1, кодированный базовой поток декодируется в кодере 300 (т. е. операция декодирования применяется в блоке 320D базового декодирования к кодированному базовому потоку). Блок 320D базового декодирования показан как часть базового уровня кодера 300 и показан отдельно от соответствующего блока 320E базового кодирования. Например, базовый декодер 320D может быть компонентом декодирования, который дополняет компонент кодирования в форме базового кодера 320E базовым кодеком. В других примерах базовый блок 320D декодирования может вместо этого быть частью уровня улучшения и, в частности, может быть частью блока 300-1 обработки.

Возвращаясь к Фиг. 5, определяется разность между декодированным базовым потоком, выводимым из блока 320D базового декодирования, и входным видео с пониженной частотой дискретизации (т. е. операция вычитания 310-S применяется к входному видео с пониженной частотой дискретизации и декодированному базовому потоку. для создания первого набора остатков). В данном документе термин «остатки» используется так же, как и термин, известный в данной области техники; т. е. остатки представляют собой ошибку или различия между опорным сигналом или кадром и требуемым сигналом или кадром. В данном документе опорный сигнал или кадр — это декодированный базовой поток, а требуемый сигнал или кадр — это входное видео с пониженной частотой дискретизации. Таким образом, остатки, используемые на первом уровне улучшения, можно рассматривать как сигнал коррекции, поскольку они способны «корректировать» будущий декодированный базовой поток, чтобы сделать его или привести в близкое соответствие с входным видео с пониженной частотой дискретизации, которое использовалось в операции базового кодирования. Это полезно, поскольку может исправить «фокусы» или другие особенности базового кодека. К ним относятся, среди прочего, алгоритмы компенсации движения, применяемые базовым кодеком, квантование и энтропийное кодирование, применяемые базовым кодеком, и настройки блоков, применяемые базовым кодеком.

Компоненты блока 300-1 на Фиг. 3 показаны более подробно на Фиг. 5. В частности, первый набор остатков преобразуется, квантуется и энтропийно кодируется для создания кодированного потока уровня 1. На Фиг. 5 операция преобразования 310-1 применяется к первому набору остатков; операция квантования 320-1 применяется к преобразованному набору остатков, чтобы сгенерировать набор квантованных остатков; и операция энтропийного кодирования 330-1 применяется к квантованному набору остатков, чтобы сгенерировать кодированный поток уровня 1 на первом уровне улучшения. Однако следует отметить, что в других примерах может выполняться только этап квантования 320-1 или только этап преобразования 310-1. Энтропийное кодирование может не использоваться или может необязательно использоваться в дополнение к одному или обоим из этапа преобразования 110-1 и этапа квантования 320-1. Операция энтропийного кодирования может быть любым подходящим типом энтропийного кодирования, например операцией кодирования Хаффмана или операцией кодирования длин серий (RLE), или комбинацией как операции кодирования Хаффмана, так и операции RLE.

Выбор таких схем энтропийного кодирования может, в сочетании с описанным квантованием, создавать преимущества в плане характеристик кодирования. Это можно понять с учетом тенденции к применению высокой степени квантования к остаточным данным, как указано в данном описании, для получения высокой доли нулевых значений. Кодирование длин серий, как упомянуто выше, особенно подходит для кодирования данных, имеющих такое распределение, и, таким образом, данные подходы могут синергетически повысить эффективность всего процесса. Аналогичным образом для вариантов реализации изобретения, в которых квантование применяется с большими значениями ширины шага, а распределение квантованных данных таково, что множество целочисленных значений присутствует в относительно больших количествах, эффективность процесса кодирования обычно выигрывает от использования префикса/кодирования Хаффмана, которые особенно подходят для таких распределений. Это особенно актуально для распределений остатков, в которых более высокие целочисленные значения имеют более низкие частоты. Эти формы распределения могут быть эффективно кодированы с использованием кодирования Хаффмана, которое работает путем выделения меньшего числа битов высокочастотным символам. Таким образом, квантование и операция энтропийного кодирования дополняют друг друга.

Как отмечено выше, поток улучшения может содержать кодированный поток уровня 1 (первый уровень улучшения) и кодированный поток уровня 2 (второй уровень улучшения). Первый уровень улучшения может рассматриваться для обеспечения возможности скорректированного видео на базовом уровне, т. е., например, для исправления артефактов кодера и/или декодера. Второй уровень улучшения может рассматриваться как дополнительный уровень улучшения, который можно использовать для преобразования скорректированного видео в исходное входное видео или близкое к нему приближение (например, для добавления деталей или резкости). Например, второй уровень улучшения может добавлять мелкие детали, которые теряются во время дискретизации с пониженной частотой, и/или помогать исправлять ошибки, привнесенные одной или большим количеством из операции преобразования 310-1 и операции квантования 320-1.

Как показано на Фиг. 3 и Фиг. 5, для генерации кодированного потока уровня 2 создается дополнительный уровень информации улучшения путем создания и кодирования дополнительного набора остатков в блоке 300-2. Дополнительный набор остатков представляет собой разность между вариантом с повышенной частотой дискретизации (посредством устройства 305U дискретизации с повышенной частотой)

скорректированного варианта декодированного базового потока (опорный сигнал или кадр) и входным сигналом 30 (требуемый сигнал или кадр).

Для достижения восстановления скорректированного варианта декодированного базового потока, который был бы сгенерирован в декодере 400, по меньшей мере некоторые из этапов обработки блока 300-1 обращаются, чтобы имитировать процессы декодера 200 и учесть по меньшей мере некоторые потери и «фокусы» процессов преобразования и квантования. С этой целью блок 300-1 содержит блок обратного квантования 320-1i и блок обратного преобразования 310-1i. Квантованный первый набор остатков обратно квантуется в блоке обратного квантования 320-1i и обратно преобразуется в блоке обратного преобразования 310-1i в кодере 100, чтобы регенерировать вариант первого набора остатков на стороне декодера.

Декодированный базовой поток от декодера 320D объединяется с этим улучшенным вариантом первого набора остатков на стороне декодера (т. е. операция суммирования 310-С выполняется для декодированного базового потока и варианта первого набора остатков на стороне декодера). Операция суммирования 310-С генерирует восстановление варианта входного видео с пониженной частотой дискретизации, который со всей вероятностью соответствует сгенерированному в декодере, т. е. восстановленное видео с базовым кодеком). Как проиллюстрировано на Фиг. 3 и Фиг. 5, восстановленное видео базового кодека затем подвергается дискретизации с повышенной частотой с использованием устройства 305U дискретизации с повышенной частотой.

Сигнал с повышенной частотой дискретизации (т. е. опорный сигнал или кадр) затем сравнивается с входным сигналом 30 (т. е. требуемым сигналом или кадром) для создания второго набора остатков (т. е. операция разности 300-S применяется к повторно воссозданному потоку с повышенной частотой дискретизации для генерации дополнительного набора остатков). Второй набор остатков затем обрабатывается в блоке 300-2, чтобы стать кодированным потоком уровня 2 (т. е. операция кодирования затем применяется к дополнительному или второму набору остатков, чтобы сгенерировать кодированный дополнительный поток или второй поток улучшения).

В частности, второй набор остатков преобразуется (т. е. операция преобразования 310-2 выполняется над дополнительным набором остатков, чтобы сгенерировать дополнительный преобразованный набор остатков). Преобразованные остатки затем квантуются и энтропийно кодируются способом, описанным выше в отношении первого

набора остатков (т. е. операция квантования 320-2 применяется к преобразованному набору остатков, чтобы сгенерировать дополнительный набор квантованных остатков; и операция энтропийного кодирования 320-2 применяется к квантованному дополнительному набору остатков для генерации кодированного потока уровня 2, содержащего дополнительный уровень информации улучшения). Однако может выполняться только этап квантования 20-1 или только этап преобразования и квантования. Дополнительно может использоваться энтропийное кодирование. Предпочтительно операция энтропийного кодирования может быть операцией кодирования Хаффмана или операцией кодирования на основе длин серий (RLE), или и тем, и другим.

Таким образом, как показано на Фиг. 3 и 5 и описано выше, выходным сигналом процесса кодирования является базовой поток на базовом уровне и один или большее количество потоков улучшения на уровне улучшения, который предпочтительно содержит первый уровень улучшения и дополнительный уровень улучшения. Как описано со ссылкой на предшествующие примеры, операции на Фиг. 5 могут применяться параллельно к единицам или блокам кодирования цветового компонента кадра ввиду отсутствия межблочных зависимостей. Кодирование каждого цветового компонента в наборе цветовых компонентов также может выполняться параллельно (например, так, чтобы операции на Фиг. 5 дублировались в соответствии с (количеством кадров) * (количеством цветовых компонентов) * (количеством единиц кодирования на кадр)). Также следует отметить, что разные цветовые компоненты могут иметь разное количество единиц кодирования на кадр, например, компонент яркости (например, Y) может обрабатываться с более высоким разрешением, чем набор компонентов цветности (например, U или V), поскольку человеческий глаз лучше обнаруживает изменения яркости, чем изменения цвета.

Кодированный базовой поток и один или большее количество потоков улучшения принимаются в декодере 400. На Фиг. 6 более подробно показан декодер согласно Фиг. 4.

Кодированный базовой поток декодируется в базовом декодере 420, чтобы осуществить базовое восстановление входного сигнала 30, полученного кодером 300. Это базовое восстановление может использоваться на практике для обеспечения видимого представления сигнала 30 с более низким уровнем качества. Однако основная цель данного базового сигнала восстановления состоит в том, чтобы обеспечить основу для более качественного представления входного сигнала 30. С этой целью декодированный базовый поток предоставляется в блок 400-1 обработки. Блок 400-1 обработки также

принимает кодированный поток уровня 1 и обращает любое кодирование, квантование и преобразование, которые были применены кодером 300. Блок 400-1 включает процесс энтропийного декодирования 430-1, процесс обратного квантования 420-1 и процесс обратного преобразования 410-1. Необязательно только один или большее количество из этих этапов могут выполняться в зависимости от операций, выполняемых в соответствующем блоке 300-1 в кодере. Посредством выполнения этих соответствующих этапов декодированный поток уровня 1, содержащий первый набор остатков, становится доступным в декодере 400. Первый набор остатков объединяется с декодированным базовым потоком из базового декодера 420 (т. е. операция суммирования 410-С выполняется для декодированного базового потока и декодированного первого набора остатков, чтобы сгенерировать восстановление варианта с пониженной частотой дискретизации входного видео — т. е. восстановленное видео с базового кодека). Как проиллюстрировано на Фиг. 4 и Фиг. 6, восстановленное видео базового кодека затем подвергается дискретизации с повышенной частотой с использованием устройства 405U дискретизации с повышенной частотой.

Кроме того, и необязательно параллельно, кодированный поток уровня 2 обрабатывается в блоке 400-2 на Фиг. 2 для создания декодированного дополнительного набора остатков. Подобно блоку 300-2 обработки, блок 400-2 обработки включает процесс энтропийного декодирования 430-2, процесс обратного квантования 420-2 и процесс обратного преобразования 410-2. Конечно же, эти операции будут соответствовать операциям, выполняемым в блоке 300-2 в кодере 300, и один или большее количество из этих этапов могут быть пропущены по мере необходимости. Блок 400-2 создает декодированный поток уровня 2, содержащий дополнительный набор остатков, и они суммируются в ходе операции 400-С с выводом из устройства 405U дискретизации с повышенной частотой, чтобы создать восстановление уровня 2 входного сигнала 30. Восстановление уровня 2 можно рассматривать как выходное декодированное видео, такое как 250 на Фиг. 2. В некоторых примерах также может быть возможно получить и просмотреть восстановленное видео, которое передается в устройство 405U дискретизации с повышенной частотой — оно будет иметь первый уровень улучшения, но может иметь более низкое разрешение, чем восстановление уровня 2.

Таким образом, как проиллюстрировано и описано выше, выходом процесса декодирования является (необязательно) базовое восстановление и восстановление исходного сигнала на более высоком уровне. Этот пример особенно хорошо подходит для

создания кодированного и декодированного видео с разными разрешениями кадров. Например, входной сигнал 30 может быть видеосигналом HD, содержащим кадры с разрешением 1920x1080. В некоторых случаях устройство отображения может использовать как базовое восстановление, так и восстановление уровня 2. Например, в случаях сетевого трафика поток уровня 2 может быть нарушен в большей степени, чем поток уровня 1 и базовые потоки (поскольку он может содержать до 4-кратного объема данных, когда дискретизация с пониженной частотой снижает размерность в каждом направлении в 2 раза). В этом случае, при появлении трафика устройство отображения может вернуться к отображению базового восстановления, если поток уровня 2 прерван (например, пока восстановление уровня 2 недоступно), а затем вернуться к отображению восстановления уровня 2, когда условия в сети улучшатся. Подобный подход может применяться, если устройство декодирования сталкивается с ограничениями ресурсов, например, телевизионная приставка, выполняющая обновление системы, может иметь обеспечивать подачу на выход базовым декодером 220 базового восстановления, но может не иметь возможности обработки для вычисления восстановления уровня 2.

Система кодирования также позволяет распространителям видео распространять видео на набор разнородных устройств; те пользователи, у кого есть только базовый декодер 220, просматривают базовое восстановление, тогда как те, у кого есть уровень улучшения, могут просматривать более качественное восстановление уровня 2. В сравнительных случаях для обслуживания обоих наборов устройств требовалось два полных видеопотока с разными разрешениями. Поскольку потоки улучшения уровня 2 и уровня 1 кодируют остаточные данные, потоки улучшения уровня 2 и уровня 1 могут кодироваться более эффективно, например, распределения остаточных данных обычно имеют большую часть своей массы около 0 (т. е. там, где нет разности) и обычно охватывают небольшой диапазон значений около 0. В частности, это может иметь место после квантования. Напротив, полные видеопотоки с разными разрешениями будут иметь разные распределения с ненулевым средним или медианным значением, что требует более высокой битовой скорости передачи данных для передачи в декодер.

В некоторых примерах остатки могут рассматриваться как ошибки или различия на определенном уровне качества или разрешения. В описанных примерах есть два уровня качества или разрешения и, следовательно, два набора остатков (L-1 и L-2). Каждый описанный в данном документе набор остатков моделирует различную форму ошибки или различия. Остатки L-1, например, обычно корректируют характеристики базового кодера,

например корректируют артефакты, которые вводятся базовым кодером как часть процесса кодирования. Напротив, остатки L-2, например, обычно корректируют сложные эффекты, вносимые сдвигом уровней качества и различий, привносимых коррекцией L-1 (например, артефакты, генерируемые в более широком пространственном масштабе, например, области 4 или 16 пикселей конвейером кодирования L-1). Это означает неочевидность того, что операции, выполняемые с одним набором остатков, обязательно обеспечат такой же эффект для другого набора остатков, например, каждый набор остатков может иметь разные статистические схемы и наборы корреляций.

В описанных в данном документе примерах остатки кодируются конвейером кодирования. Это может включать операции преобразования, квантования и энтропийного кодирования. Он также может включать остаточное ранжирование, взвешивание и фильтрацию. Эти конвейеры показаны на Фиг. 1, 3А и 3В. Затем остатки передаются в декодер, например, как потоки улучшения L-1 и L-2, которые могут быть объединены с базовым потоком как гибридный поток (или переданы отдельно). В одном случае битовая скорость передачи данных устанавливается для гибридного потока данных, который содержит базовой поток и оба потока улучшений, а затем различные адаптивные битовые скорости передачи данных применяются к отдельным потокам на основе данных, обрабатываемых для соответствия установленной битовой скорости передачи данных (например, высококачественное видео, которое воспринимается как видео с низким уровнем артефактов, может быть создано путем адаптивного присвоения битовой скорости различным отдельным потокам, даже на покадровом уровне, так что ограниченные данные могут использоваться наиболее сильно влияющими на восприятие отдельными потоками, которые могут изменяться по мере изменения данных изображения).

Наборы остатков, как описано в данном документе, можно рассматривать как разреженные данные, например, во многих случаях нет разности для данного пикселя или области, и результирующее остаточное значение равно нулю. При рассмотрении распределения остатков большая часть вероятностной массы приходится на небольшие остаточные значения, расположенные около нуля — например, для некоторых видео значения -2, -1, 0, 1, 2 и т. п. встречаются наиболее часто. В некоторых случаях распределение остаточных значений симметрично или почти симметрично относительно 0. В некоторых тестовых видео было обнаружено, что распределение остаточных значений принимает форму, аналогичную логарифмическому или экспоненциальному распределению (например,

симметрично или почти симметрично) относительно 0. Точное распределение остаточных значений может зависеть от содержимого входного видеопотока.

Остатки могут обрабатываться как двумерное изображение сами по себе, например, дельта-изображение различий. Таким образом можно увидеть, что разреженность данных связана с такими элементами, как «точки», маленькие «линии», «края», «углы» и т. п., которые видны на остаточных изображениях. Было обнаружено, что эти элементы обычно не полностью коррелированы (например, в пространстве и/или во времени). Они имеют характеристики, которые отличаются от характеристик данных изображения, из которых они получены (например, характеристики пикселей исходного видеосигнала).

Поскольку характеристики остатков отличаются от характеристик данных изображения, из которых они получены, обычно невозможно применить стандартные подходы к кодированию, например, такие, которые используются в традиционных стандартах кодирования и декодирования группы экспертов по движущимся изображениям (MPEG). Например, во многих сравнительных схемах используются большие преобразования (например, преобразования больших областей пикселей в нормальном видеокадре). Ввиду характеристик остатков, например, как описано выше, было бы очень неэффективно использовать эти сравнительные большие преобразования на остаточных изображениях. Например, было бы очень сложно кодировать маленькую точку в остаточном изображении, используя большой блок, предназначенный для области нормального изображения.

В некоторых описанных в данном документе примерах эти проблемы решаются путем использования небольших и простых ядер преобразования (например, ядра 2x2 или 4x4 — направленная декомпозиция и направленная декомпозиция в квадрате — как представлено в данном документе). Описанное в данном документе преобразование может применяться с использованием матрицы Адамара (например, матрицы 4x4 для сглаженного блока кодирования 2x2 или матрицы 16x16 для сглаженного блока кодирования 4x4). Это соответствует другому направлению, отличному от сравнительных подходов к кодированию видео. Применение таких новых подходов к блокам остатков повышает эффективность сжатия. Например, некоторые преобразования генерируют некоррелированные коэффициенты (например, в пространстве), которые могут быть эффективно сжаты. Хотя корреляции между коэффициентами могут использоваться, например, для линий в остаточных изображениях, они могут привести к сложности кодирования, которую трудно реализовать на устаревших устройствах и устройствах с

низким уровнем ресурсов, и часто возникают другие сложные артефакты, которые необходимо исправлять. Предварительная обработка остатков путем установки некоторых остаточных значений равными 0 (т. е. неотправки их на обработку) может обеспечить управляемый и гибкий способ управления битовыми скоростями и частотными полосами потоков, а также использованием ресурсов.

Для полноты на Фиг. 7 показан общий принцип описанной в данном документе концепции в виде блок-схемы. Способ 1000 включает: получение входного видео (этап 1001); дискретизацию с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации (этап 1002); подачу команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока (этап 1003); подачу команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео (этап 1004); сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков (этап 1005); и кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня, включая: применение преобразования к первому набору остатков для создания первого набора коэффициентов (этап 1006); применение операции квантования к первому набору коэффициентов для создания первого набора квантованных коэффициентов (этап 1007); и применение операции кодирования к первому набору квантованных коэффициентов (этап 1008), при этом применение операции квантования включает: адаптацию квантования на основе первого набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включая изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов, при этом первый набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование первого набора квантованных коэффициентов.

В качестве конкретного примера квантование остатков и/или коэффициентов (преобразованных остатков) может выполняться на основе бинов, имеющих определенную ширину шага. В этом примере определено количество бинов со значением ширины шага, равной 5. Ширина шага может пониматься как величина шага квантования. Величина шага ширины может выбираться, например, на основе значения параметра. В некоторых случаях величина ширины шага может устанавливаться динамически, например, на основе примеров управления скоростью, описанных выше. Возвращаясь к конкретному примеру, вышеупомянутая ширина шага приведет к бинам, соответствующим остаточным значениям в диапазонах 0–4, 5–9, 10–14, 15–19 (т. е. от 0 до 4, включая как 0, так и 4).

Ширина бина может предусматривать возможностью включения или исключения конечных точек по мере необходимости. В этом примере квантования квантование выполняется путем замены всех значений, попадающих в бин, на целочисленное значение (например, остаточные значения от 0 до 4, включительно, имеют квантованное значение 1).

Квантование может выполняться путем деления на ширину шага (например, 5 в конкретном примере, приведенном выше), определения нижнего округления результата (т. е. ближайшего к десятичной дроби целого числа, но меньшего ее, для положительных значений) и последующего добавления единицы (например, 3/5 = 0,6, нижнее округление (0,6) = 0, 0 + 1 = 1; или 16/5 = 3,2, нижнее округление (3,2) = 3, 3 + 1 = 4). Отрицательные значения можно обрабатывать аналогичным образом, например, работая с абсолютными значениями (модулями), а затем преобразовывая их в отрицательные значения после расчета (например, модуль (-9) = 9, 9/5 = 1,8, нижнее округление (1,8) = 1, 1 + 1 = 2, 2 * (-1) = -2). В конкретном случае линейного квантования все бины могут иметь общую ширину шага. Следует отметить, что возможны различные реализации, основанные на этом подходе, например, первый бин может иметь квантованное значение 0 вместо 1 или может содержать значения от 1 до 5, включительно. Вышеописанный пример предоставлен только с целью иллюстрации указанных принципов с заданной шириной шага.

В другом конкретном примере может быть реализована так называемая «мертвая зона» (DZ). В целом это можно понимать как область вокруг нулевого выходного значения квантователя, т. е. полосу, содержащую нулевой сигнал и имеющую размер, который может быть таким же, как ширина шага или отличаться от нее. Таким образом, для этой полосы входных сигналов, которые близки к нулю, сигнал может эффективно ослабляться, чтобы сигналы низкого уровня, которые обычно могут соответствовать шуму в визуальных данных, не оказывались выделенными данными без необходимости. В этом примере остатки или коэффициенты со значением в предварительно определенном диапазоне устанавливаются равными 0. Предварительно определенный диапазон — это диапазон около значения 0. Значения меньше 6 и больше –6 устанавливаются равными 0. Мертвая зона может быть установлена как фиксированный диапазон (например, от –6 до 6) или может быть установлена на основе ширины шага. В одном случае мертвая зона может быть установлена как предварительно определенное кратное ширины шага, например, как линейная функция значения ширины шага. В примере на Фиг. 8B мертвая зона установлена как 2,4 * ширина шага. Следовательно, при ширине шага 5 мертвая зона

проходит от –6 до +6. В другом случае мертвая зона может быть установлена как нелинейная функция значения ширины шага.

Наличие мертвой зоны может способствовать уменьшению объема данных, передаваемых по сети, например, помочь снизить битовую скорость. При использовании мертвой зоны остаточные значения или значения коэффициентов, попадающие в мертвую зону, фактически игнорируются. Этот подход также может способствовать удалению низких уровней остаточного шума. Наличие адаптивной, а не постоянной мертвой зоны означает, что меньшие остаточные значения или значения коэффициентов не фильтруются чрезмерно, когда ширина шага уменьшается (например, если доступна большая полоса пропускания), и что битовая скорость передачи данных соответственно уменьшается, если ширина шага увеличивается. Мертвая зона должна быть реализована только в кодере, декодер просто принимает квантованное значение 0 для любого остатка или коэффициента, который попадает в мертвую зону.

В некоторых случаях может использоваться смещение квантования. Смещение квантования может использоваться для сдвига местоположений бинов квантования. В примере многие значения коэффициентов могут, например, быть близкими к нулю, при этом количество более высоких значений уменьшается с увеличением расстояния от 0.

Для моделирования квантования может использоваться гистограмма. Для простоты объяснения в конкретном примере значения отсчетов для бинов с первого по третий, следующих за мертвой зоной (как для положительных, так и для отрицательных значений), могут представлять собой распределение. Например, отсчеты квантованных значений 1, 2, 3 и –1, –2, –3 могут представлять это. Из-за квантования распределение, моделируемое гистограммой, может отличаться от фактического распределения. Например, может быть получена ошибка — е, которая показывает, чем полоса отличается от линии.

Для изменения свойств ошибки е может применяться смещение квантования — qO. Смещение квантования может пониматься как параметр, значение которого определяет, должны ли и в какой степени сдвигаться интервалы или бины от предварительно определенного или заданного по умолчанию местоположения или набора значений. Для положительных значений положительный сдвиг квантования означает сдвиг каждого бина вправо, а отрицательный сдвиг квантования — сдвиг каждого бина влево. Смещение квантования может применяться в сочетании с мертвой зоной. В одном случае мертвая

зона может применяться на основе первого набора пороговых значений, например, все значения меньше (n * ширина шага)/2 и больше (n * ширина шага * (-1))/2 устанавливаются равными 0.

В некоторых примерах смещение квантования может быть передано в декодер для использования при деквантовании.

В одном случае в кодере смещение квантования может вычитаться из значения остатка или коэффициента перед квантованием на основе ширины шага. Следовательно, в декодере сигнализированное смещение может быть добавлено к принятому квантованному значению для деквантования на основе ширины шага. В некоторых случаях смещение может быть отрегулировано на основе знака остатка или коэффициента, чтобы обеспечить симметричные операции относительно значения 0. В одном случае использование смещения может быть запрещено путем установки значения смещения квантования или деквантования равным 0. В одном случае применяемое смещение квантования может регулироваться на основе заданной ширины мертвой зоны. В одном случае ширина мертвой зоны может быть вычислена в декодере, например, как функция ширины шага и параметров квантования, принятых от кодера.

В одном случае ширина шага для квантования может варьироваться для разных коэффициентов в пределах блока коэффициентов 2x2 или 4x4. Например, меньшая ширина шага может быть назначена коэффициентам, которые, как определено экспериментально, оказывают более сильное влияния на восприятие декодированного сигнала, например, в направленной декомпозиции 2x2 или 4x4 (DD-Squared или «DDS»), как описано выше, коэффициентам A, H, V и D может быть назначена меньшая ширина шага, а более поздним коэффициентам может быть назначена большая ширина шага. В этом случае может быть определен параметр base_stepwidth, который устанавливает ширину шага по умолчанию, а затем к нему может быть применен модификатор для вычисления модифицированной ширины шага для использования в квантовании (и деквантовании), например, modified_stepwidth = base_stepwidth * модификатор (где «модификатор» может быть установлен на основе конкретного коэффициента в блоке или единице и может быть получен из сигнализации, такой как переменная qm, описанная ниже).

В некоторых случаях модификатор дополнительно или альтернативно может зависеть от уровня улучшения. Например, ширина шага может быть меньше для потока улучшения

уровня 1, поскольку это может влиять на несколько восстановленных пикселей с более высоким уровнем качества.

В некоторых случаях модификаторы могут быть определены на основе как коэффициента в блоке, так и уровня улучшения. В одном случае матрица квантования может быть определена с набором модификаторов для разных коэффициентов и разных уровней улучшения. Эта матрица квантования может быть предварительно установлена (например, в кодере и/или декодере), сигнализирована между кодером и декодером и/или построена динамически в кодере и/или декодере. Например, в последнем случае матрица квантования может быть построена в кодере и/или декодере как функция других сохраненных и/или сигнализированных параметров, например параметров, принятых через интерфейс конфигурации.

В одном случае могут быть определены разные режимы квантования или разные схемы, определяющие матрицу квантования, которая должна применяться к заданному набору коэффициентов. В одном режиме общая матрица квантования может использоваться для обоих уровней улучшения; в другом режиме можно использовать отдельные матрицы для разных уровней; в еще одном режиме матрица квантования может использоваться только для одного уровня улучшения, например только для уровня 2. Матрица квантования может быть проиндексирована положением коэффициента в блоке (например, 0 или 1 в направлении x и 0 или 1 в направлении y для блока 2x2 или от 0 до 3 для блока 4x4).

В одном случае базовая матрица квантования может быть определена с набором значений. Эта базовая матрица квантования может быть изменена с помощью коэффициента масштабирования, который является функцией ширины шага для одного или большего количества уровней улучшения. В одном случае коэффициент масштабирования может быть фиксированной функцией переменной ширины шага. В декодере переменная ширины шага (stepwidth) может быть получена от кодера для одного или более из потока уровня 2 и потока уровня 1.

Приведенные в качестве некоторых дополнительных примеров процессы, включающие описанные выше принципы, преимущественные режимы конфигурации и адаптации квантования для дальнейшего улучшения процедур кодирования и декодирования могут быть поняты с учетом нижеследующего. Может применяться семантика полезной нагрузки улучшения единицы блока данных, включая ряд параметров, с помощью которых можно сигнализировать и конфигурировать свойства этапов квантования и деквантования.

В примере параметр *dequant_offset_signalled* указывает, следует ли применять значение параметра смещения при сигнализации деквантования. Таким образом можно сигнализировать, отправлено ли смещение. В этом примере, если смещение отправлено, оно используется. Если оно не отправлено, то может использоваться смещение по умолчанию или смещение не будет использоваться.

В примере способа кодирования входного видео во множество кодированных потоков, в котором кодированные потоки могут быть объединены для восстановления входного видео, способ может включать получение входного видео и дискретизацию с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации.

Способ обычно дополнительно включает подачу команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока; подачу команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео; сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков; и кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня. Это предпочтительно включает: применение преобразования к набору остатков для создания набора коэффициентов; применение операции квантования к набору коэффициентов для создания набора квантованных коэффициентов; и применение операции кодирования к квантованным коэффициентам, при этом операция квантования выполняется с использованием матрицы квантования, причем матрица квантования выводится в соответствии с полученным значением параметра режима матрицы квантования.

Как описано ранее в данном документе, параметр режима матрицы квантования может преимущественно использоваться для задания матрицы квантования, которая будет использоваться в процессе кодирования. В некоторых примерах, когда значение параметра режима матрицы квантования равно предварительно определенному значению, например, когда оно равно нулю, 0, способы могут включать использование матрицы квантования по умолчанию для каждого из двух уровней качества. Эти уровни как правило являются или как правило соответствуют потокам улучшения уровня 1 и уровня 2. Когда значение параметра режима матрицы квантования равно 1, первая матрица квантования может использоваться для каждого из двух уровней качества, и первая матрица квантования может сигнализироваться, например, от кодера к декодеру или устройству, на которое должен быть передан кодированный поток. Когда значение параметра режима матрицы

квантования равно 2, вторая матрица квантования может использоваться для уровня качества 2, и вторая матрица квантования может сигнализироваться. В этом случае матрица квантования не может использоваться для уровня качества 1, или для этого уровня могут использоваться значения по умолчанию. Когда значение параметра режима матрицы квантования равно 3, третья матрица квантования предпочтительно используется для уровня качества 1 или кодированного потока первого уровня, и сигнализируется третья матрица квантования. В этом случае матрица квантования не может использоваться для уровня качества 2, или для этого уровня могут использоваться значения по умолчанию. Когда значение параметра режима матрицы квантования равно 4, четвертая матрица квантования может использоваться для кодированного потока первого уровня, а пятая матрица квантования может использоваться для кодированного потока второго уровня (например, могут использоваться две матрицы), каждая из которых может быть равной или неравной друг другу и любой из вышеупомянутых матриц с первой по третью. В этом пятом режиме четвертая матрица квантования и пятая матрица квантования могут сигнализироваться декодеру или другому устройству, на которое должен быть передан кодированный поток.

В процедурах, описанных в данном документе, как упомянуто выше, каждая группа коэффициентов преобразования, переданная этому процессу, как правило принадлежит определенной плоскости и слою. Как правило, они масштабируются с использованием линейного квантователя, который в некоторых примерах использует нецентрированное смещение деквантования. Процесс масштабирования для коэффициентов преобразования может применяться следующим образом. Процесс может принимать информацию о местоположении для блока вместе с набором параметров, с помощью которых могут быть указаны свойства блока, такие как его размер, свойства операции квантования, такие как ширина шага и значение смещения, а также уровень улучшения, к которому это применимо. Например, могут использоваться местоположение, которое может быть указано парой значений координат, или, например, параметры (*xTbP*, *yTbP*), определяющие верхнюю левую выборку текущего блока преобразования яркости или цветности относительно верхней левой выборки яркости или цветности текущего изображения. Это может быть связано с конкретной частью данных, представляющих изображение, и может, например, быть связано либо с плоскостью яркости, либо с плоскостью цветности, в зависимости от плоскости, к которой принадлежат коэффициенты преобразования.

Вышеупомянутый параметр, определяющий размер текущего блока преобразования, который может называться *nTbS* в некоторых примерах, может иметь значение, зависящее от типа преобразования и, в частности, от значения параметра, который определяет преобразование, используемое для декодирования. Этот параметр типа может называться *transform_type* в некоторых примерах и в некоторых приложениях может иметь значение 0, 1 или 2–3, соответственно, соответствующее преобразованию направленной декомпозиции 2x2, преобразованию направленной декомпозиции 4x4 или значению либо параметру, определяющему, что значения равны нулю, поскольку элементы не используются в битовом потоке. В некоторых примерах этот параметр *transform_type*, имеющий значение 0, может соответствовать количеству слоев, равному 4, и если *transform_type* равен 1, соответствующее количество слоев может быть 16. Параметр размера, *nTbS*, может иметь значение 2, если *transform_type* равен нулю, и может иметь значение 4, если *transform_type* равен 1.

Дополнительные входные данные процесса как правило представляют собой массив энтропийно декодированных квантованных коэффициентов. Он может называться *TransCoeffQ* и иметь размер, соответствующий указанному выше параметру размера, в частности, иметь размеры (*nTbS*)x(*nTbS*), т. е. массив может содержать единицу или блок кодирования, как описано в настоящем документе. Этот массив можно назвать *TransCoeffQ*. Значение ширины шага может быть указано с помощью параметра, называемого *stepWidth*. Индекс уровня улучшения также может быть указан с помощью параметра и в некоторых примерах может называться *idxLevel*. Если необходимо использовать смещение деквантования, это можно указать с помощью параметра, например, называемого *dQuantOffset*. Параметр как правило указывает значение применяемого параметра смещения деквантования. Этот процесс обычно приводит к массиву деквантованных коэффициентов преобразования. Он может, например, быть в форме массива размеров (*nTbS*)x(*nTbS*), содержащего элементы *d*[x][y].

Значения в выходном массиве, которые можно назвать *d*[x][y], обычно получают на основе ширины шага, как описано выше, например, и/или любого индекса уровня улучшения, применяемого к матрице квантования, которая может называться *qm*, и энтропийно декодированных квантованных коэффициентов, которые могут быть названы *TransCoeffQ*[*xTbP*][*yTbP*] для соответствующего элемента. Кроме того, значения элементов выходного массива могут быть получены путем дополнительного применения смещения к результату вышеупомянутой операции. Например, параметр, который может

называться *appliedOffset*, может быть добавлен к значению для получения значения выходного элемента.

Следовательно, указанное может включать следующее отношение для вычисления каждого элемента d массива:

$d[\ x\ ][\ y\ ]=(TransCoeffQ[\ xTbP\ ][\ yTbP\ ]*(stepWidth * qm[yTbP + (idxLevel * 4)][xTbP]))+ appliedOffset$

В приведенном выше вычислении, которое является одним из примеров того, как деквантование может выполняться в декодере, idxLevel может быть 0 или 1, представляя уровни 2 и 1, соответственно. В приведенном выше вычислении и как описано в других примерах в настоящем документе, значение из матрицы квантования выбирается на основе конкретного коэффициента и конкретного уровня улучшения.

Что касается смещения, которое может применяться в некоторых примерах, как показано выше, этот параметр, который может называться *appliedOffset*, обычно получают следующим образом.

В некоторых случаях *appliedOffset* может применяться условно в зависимости от того, должна ли применяться остаточная фильтрация. Эта фильтрация может применяться после обратного преобразования (например, 410-1 на Фиг. 6) и может быть фильтром деблокирования. В этих случаях смещение может применяться только в том случае, если применяется остаточная фильтрация. Например, если параметр, который указывает, следует ли применять фильтр деблокирования, и который может называться *deblocking_signalled*, имеет конкретное значение, например, равен 1, вычисление смещения основано на вышеупомянутом параметре, указывающем смещение деквантования, которое может называться *dQuantOffset*.

Указанный *appliedOffset* также может быть получен из одного значения *dQuantOffset* и адаптирован для применения к положительным и отрицательным значениям коэффициентов. Например, *appliedOffset* может быть сконфигурирован как отрицательное или положительное значение, как правило имеющее то же абсолютное значение, что и параметр смещения деквантования, и имеющее положительный или отрицательный знак, соответственно. Это может применяться, если значение *TransCoeffQ* имеет значение

меньше нуля; в противном случае, если значение *TransCoeffQ* больше нуля, применяемому смещению может быть присвоено значение, равное значению параметра смещения деквантования. Если значение *TransCoeffQ* равно нулю, то применяемому смещению также может быть присвоено нулевое значение.

Таким образом, в некоторых примерах получение смещения, которое может быть добавлено для получения элементов выходного массива, может быть получено следующим образом (где *TransCoeffQ* может быть массивом, как правило размером (*nTbS*)x(*nTbS*), содержащим энтропийно декодированные квантованные коэффициенты):

```
Если deblocking_signalled равен 1
  Если TransCoeffQ[ xTbP ][ yTbP ] < 0
    appliedOffset = (dQuantOffset * -1)
  иначе If TransCoeffQ [ xTbP ][ yTbP ] > 0
    appliedOffset = dQuantOffset
  иначе
    appliedOffset = 0
иначе
    appliedOffset = 0
```

Например, параметр или набор параметров могут сигнализироваться, как описано выше, и использоваться для определения того, как матрица квантования должна применяться к набору коэффициентов. Этот параметр может быть параметром *quant_matrix_mode*, который указывает, какая матрица квантования будет использоваться в процессе декодирования в соответствии с таблицей 1 ниже. Параметр может быть одним байтом. Параметр *quant_matrix_mode* может использоваться для конфигурации того, как получают матрицу квантования (например, как описано ниже).

Таблица 1 — Матрица квантования

quant_matrix_mode	Значение типа
0	Оба уровня качества используют матрицы по умолчанию
1	Сигнализируется одна матрица модификаторов и ее следует использовать на обоих уровнях качества

2	Сигнализируется одна матрица модификаторов и ее следует использовать на уровне качества 2
3	Сигнализируется одна матрица модификаторов и ее следует использовать на уровне качества 1
4	Сигнализируются две матрицы модификаторов — первая для уровня качества 2, вторая для уровня качества 1
5–7	Зарезервированные_ноли

Семантика данных матрицы квантования может применяться согласно следующему конкретному примеру. Получают матрицу квантования, которая может назваться *qm* [y][x].

Матрица *qm* может иметь размеры *k*M* на *N*. Другими словами, матрица может быть определена как соответствующая коэффициентам квантования, содержащимся в матрице *M* на *N*, и *qm* может содержать эти данные в виде соответствующей матрицы *M* на *N* коэффициентов квантования, например, для каждого из *k* уровней улучшения.

В этих примерах задействованы два уровня улучшения, а именно уровни 1 и 2, как описано в данном документе, и *k* равно 2. Наибольшее преобразование, описанное в отношении этих процедур, — 4x4, и поэтому каждое из *M* и *N* может равняться 4.

В некоторых примерах, определяя *qm* со значениями *M* и *N*, которые соответствуют наибольшему доступному преобразованию, которое в этих примерах является преобразованием 4x4, как упомянуто выше, таким образом, содержащим 16 коэффициентов, применение матрицы квантования, где используется меньшее преобразование, может выполняться путем считывания из *qm* и применения подмножества коэффициентов в соответствующей матрице *M* на *N*.

В конкретном примере, если значение параметра режима матрицы квантования равно нулю, а именно, если *quant_matrix_mode* равно 0, то в операции квантования используется следующая матрица квантования по умолчанию:

qm[y][x] =

{ 0,500 0,500 0,500 0,617}
{ 0,862 0,610 1,064 0,781}
{ 0,500 0,500 0,500 0,617}
{ 3,125 1,851 1,851 1,316}
{ 0,500 0,500 0,500 0,617}
{ 0,862 0,610 1,064 0,781}
{ 0,862 1,064 0,610 0,781}
{ 3,125 1,851 1,851 1,316},

где y = 0..3 — коэффициенты, которые должны использоваться для уровня 2 улучшения, а y = 4..7 — коэффициенты, которые должны использоваться для уровня 1 улучшения; и

если значение параметра режима матрицы квантования равно 1, сигнализируется одна матрица модификаторов и используется на обоих уровнях улучшения 1. В некоторых применениях матрица может быть построена посредством интерактивного процесса. Таким образом, значения *qm*[x][y] могут быть получены построчно, при этом значение в этой строке и для каждого столбца матрицы заполняется по мере обработки строки. Параметр модификатора ширины шага может использоваться при получении этих значений матрицы, как описано ниже. В настоящем примере количество строк, которые должны быть заполнены, может быть 8, при этом количество столбцов равно 4, как описано выше в связи с размерами матрицы в этом конкретном примере. В частности, итерационный процесс для этого примера можно записать следующим образом:

```
для (y = 0; y < 8; y++)

    для (x = 0; x < 4; x++)

        qm[y][ x ] = step_width_modifier_2[x + y*4],
```

где параметр модификатора ширины шага, который может называться *step_width_modifier_2* в этом примере, — это параметр, определяющий значения коэффициентов улучшения 16 уровня 2, которые должны применяться в разных слоях коэффициентов преобразования; и

если значение параметра режима матрицы квантования равно 2, сигнализируется одна матрица модификаторов и используется на уровне улучшения 2. Аналогичным образом может использоваться итерационная процедура, соответствующая описанной выше, в частности:

```
для (y = 0; y < 4; y++)
    для (x = 0; x < 4; x < 4)
        qm[ y][ x ] = step_width_modifier_2[x + y*4]; и
```

если значение параметра режима матрицы квантования равно 3, сигнализируется одна матрица модификаторов и используется на уровне улучшения 1:

```
для (y = 0; y < 4; y++)
для (x = 0; x < 4; x < 4)
        qm[y + 4][ x ] = step_width_modifier_2[x + y*4]; и
```

если значение параметра режима матрицы квантования равно 4, сигнализируются две матрицы модификаторов, первая для уровня улучшения 2, вторая для уровня улучшения 1:

```
для (y = 0; y < 4; y++)
    для (x = 0; x < 4; x < 4)
        qm[ y][ x ] = step_width_modifier_2[x + y*4]
для (y = 0; y < 4; y++)
    для (x = 0; x < 4; x < 4)
        qm[ y][ x ] = step_width_modifier_1[x + y*4],
```

где *step_width_modifier_1* является параметром, определяющим значения коэффициентов улучшения 16 уровня 1, которые должны применяться в разных слоях коэффициентов преобразования.

Как описано выше, значения *d*[x][y] в матрице могут быть вычислены, например, как произведение соответствующего коэффициента преобразования в соответствующем элементе в матрице и суммы соответствующего значения элемента матрицы квантования в столбце, идентифицированном произведением параметра, определяющего размер текущего блока преобразования, и параметра *levelIdxSwap*, и в соответствующей строке, и значения параметра модификатора ширины шага, соответствующего этому элементу, при этом вышеописанное смещение обычно дополнительно применяется и к этому произведению.

Вышеописанный процесс деквантования может выполняться в соответствии со следующими упорядоченными этапами. Процесс деквантования в соответствии с вышеупомянутыми примерами может быть запущен с местоположением яркости (*xTbY*, *yTbY*), размером преобразования установленным равным *nTbS*, а именно размеру текущего блока преобразования, массивом *TransCoeffQ*, как описано выше, размером (*nTbS*)x(*nTbS*) и параметром ширины шага в качестве входных данных. Выходными данными может быть массив деквантованных коэффициентов (например, деквантованные преобразованные остатки) размеров (*nTbS*)x(*nTbS*), которые можно отнести к *dequantCoeff* в этом примере.

Поскольку и кодер, и декодер в данном примере реализованы в потоковом сервере, клиентском устройстве или клиентском устройстве, декодирующем из хранилища данных, способы и процессы, описанные в данном документе, могут быть воплощены в виде кода (например, программного кода) и/или данных. Кодер и декодер могут быть реализованы аппаратно или программно, что хорошо известно в области сжатия данных. Например, аппаратное ускорение с использованием специально запрограммированного графического процессора (GPU) или специально разработанной программируемой вентильной матрицы (FPGA) может обеспечить определенную эффективность. Для полноты такой код и данные могут храниться на одном или большем количестве машиночитаемых носителей, которые могут включать любое устройство или носитель, который может хранить код и/или данные для использования компьютерной системой. Когда компьютерная система считывает и выполняет код и/или данные, хранящиеся на машиночитаемом носителе, компьютерная система выполняет методы и процессы, воплощенные в виде структур данных и кода, хранящихся на машиночитаемом носителе данных. В некоторых вариантах реализации изобретения один или большее количество этапов описанных в данном документе способов и процессов могут выполняться процессором (например, процессором компьютерной системы или системы хранения данных).

Как правило, любые функциональности, описанные в данном документе или проиллюстрированные в графических материалах, могут быть реализованы с использованием программного обеспечения, микропрограммного обеспечения (прошивки) (например, фиксированной логической схемы), программируемого или непрограммируемого аппаратного обеспечения или комбинации этих реализаций. Термины «компонент» или «функция», используемые в данном документе, обычно обозначают программное обеспечение, микропрограммное обеспечение, аппаратное обеспечение или их комбинацию. Например, в случае программной реализации термины «компонент» или «функция» могут относиться к программному коду, который выполняет определенные задачи при выполнении на устройстве или устройствах обработки. Проиллюстрированное разделение компонентов и функций на отдельные блоки может отражать любую фактическую или концептуальную физическую группировку и распределение такого программного обеспечения и/или оборудования и задач.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ кодирования входного видео во множество кодированных потоков, причем кодированные потоки могут быть объединены для восстановления входного видео, включающий:

получение входного видео;

дискретизацию с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации;

подачу команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока;

подачу команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео;

сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков; и

кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня, включающее:

применение преобразования к первому набору остатков для создания первого набора коэффициентов;

применение операции квантования к первому набору коэффициентов для создания первого набора квантованных коэффициентов; и

применение операции кодирования к первому набору квантованных коэффициентов,

при этом применение операции квантования включает:

адаптацию квантования на основе первого набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включающее изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов,

при этом первый набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование первого набора квантованных коэффициентов.

2. Способ по п. 1, включающий:

декодирование первого набора остатков для создания декодированного первого набора остатков;

коррекцию восстановленного видео с использованием декодированного первого набора остатков для создания скорректированного восстановленного видео;

дискретизацию с повышенной частотой скорректированного восстановленного видео для создания восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации;

сравнение восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации с входным видео для создания второго набора остатков; и

кодирование второго набора остатков для создания кодированного потока второго уровня, включающее:

применение преобразования ко второму набору остатков для создания второго набора коэффициентов;

применение операции квантования ко второму набору коэффициентов для создания второго набора квантованных коэффициентов; и

применение операции кодирования ко второму набору квантованных коэффициентов,

при этом применение операции квантования включает:

адаптацию квантования на основе второго набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включающее изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из второго набора коэффициентов,

при этом второй набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование квантованных коэффициентов.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что один или большее количество из первого набора параметров и второго набора параметров сигнализируются с использованием матрицы квантования.

4. Способ по п. 3, включающий:

передачу параметра режима матрицы квантования, указывающего, как значения в матрице квантования должны применяться к одному или большему количеству из первого набора коэффициентов и второго набора коэффициентов.

5. Способ по п. 4, отличающийся тем, что параметр режима матрицы квантования указывает один из следующих режимов:

первый режим, в котором декодер должен использовать набор значений в матрице квантования как для кодированного потока первого уровня, так и для кодированного потока второго уровня;

второй режим, в котором декодер должен использовать набор значений в матрице квантования для кодированного потока первого уровня;

третий режим, в котором декодер должен использовать набор значений в матрице квантования для кодированного потока второго уровня; и

четвертый режим, в котором две матрицы квантования сигнализируются для каждого из кодированного потока первого уровня и кодированного потока второго уровня.

6. Способ по п. 2, отличающийся тем, что первый и второй набор параметров содержат сигнализацию для указания того, что набор по умолчанию из одной или большего количества матриц квантования должен использоваться в декодере.

7. Способ по любому из пп. 2–6, включающий:

объединение по меньшей мере кодированного потока первого уровня и кодированного потока второго уровня в объединенный кодированный поток; и

передачу объединенного кодированного потока в декодер для использования при восстановлении входного видео вместе с принятым базовым кодированным потоком.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что объединенный кодированный поток содержит базовый кодированный поток.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что применение операции квантования включает коэффициенты квантования с использованием линейного квантователя, при этом линейный квантователь использует мертвую зону переменного размера.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что операция квантования дополнительно включает использование смещения квантования.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что смещение квантования выборочно сигнализируется декодеру.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий адаптацию распределения, используемого на этапе квантования.

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что адаптация квантования предварительно определяется и/или выборочно применяется на основе анализа любого одного или большего количества из: входного видео, видео с

пониженной частотой дискретизации, восстановленного видео и видео с повышенной частотой дискретизации.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что адаптация квантования применяется выборочно на основе предварительно определенного набора правил и/или применяется определительно на основе анализа или обратной связи о характеристиках декодирования.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что кодирование остатков включает применение кодирования к блокам остатков, которые связаны с кадром входного видео, при этом каждый блок кодируется без использования данных изображения из другого блока в кадре, так что каждый блок кодируется параллельно, при этом каждое местоположение элемента в блоке имеет соответствующий параметр квантования для изменения ширины шага.

16. Способ декодирования кодированного потока в восстановленное выходное видео, включающий:

получение первого базового кодированного потока;

подачу команды об операции декодирования для первого кодированного базового потока с использованием базового декодера для создания первого выходного видео;

получение кодированного потока первого уровня;

декодирование кодированного потока первого уровня для получения первого набора остатков; и

объединение первого набора остатков с первым выходным видео для генерации восстановленного видео;

при этом декодирование кодированного потока первого уровня включает:

декодирование первого набора квантованных коэффициентов из кодированного потока первого уровня;

получение первого набора параметров, указывающих, как деквантовать первый набор квантованных коэффициентов; и

деквантование первого набора квантованных коэффициентов с использованием первого набора параметров,

при этом разные коэффициенты из первого набора квантованных коэффициентов подвергаются деквантованию с использованием соответствующих параметров деквантования.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что получение первого набора параметров включает:

получение параметра режима квантования, сигнализируемого с помощью кодированного потока первого уровня;

использование матрицы квантования по умолчанию в качестве первого набора параметров в ответ на первое значение параметра режима квантования; и

получение матрицы квантования, сигнализируемой кодированным потоком первого уровня, в ответ на другие значения параметра режима квантования и использование матрицы квантования в качестве первого набора параметров.

18. Способ по п. 16 или п. 17, отличающийся тем, что декодирование кодированного потока первого уровня включает:

применение операции энтропийного декодирования к кодированному потоку первого уровня перед деквантованием первого набора квантованных коэффициентов; и

применение операции обратного преобразования для создания первого набора остатков после деквантования первого набора квантованных коэффициентов.

19. Способ по любому из пп. 16–18, дополнительно включающий:

получение кодированного потока второго уровня;

декодирование кодированного потока второго уровня для получения второго набора остатков; и

объединение второго набора остатков с вариантом восстановленного видео с повышенной частотой дискретизации для восстановления входного видео с исходным разрешением,

при этом декодирование кодированного потока второго уровня включает:

декодирование второго набора квантованных коэффициентов из кодированного потока второго уровня;

получение второго набора параметров, указывающих, как деквантовать второй набор квантованных коэффициентов; и

деквантование второго набора квантованных коэффициентов с использованием второго набора параметров,

при этом разные коэффициенты из второго набора квантованных коэффициентов подвергаются деквантованию с использованием соответствующих параметров деквантования.

20. Способ по п. 19, отличающийся тем, что получение первого и второго набора параметров включает:

получение матрицы квантования, сигнализируемой одним или большим количеством из кодированных потоков первого и второго уровня, и

деквантование содержит для множества квантованных элементов коэффициентов в блоке квантованных коэффициентов для видеокадра блок, соответствующий сетке элементов изображения *n* на *n*, причем кадр содержит множество блоков, которые покрывают пространственную область, связанную с кадром;

получение параметра квантования из матрицы квантования на основании расположения заданного элемента квантованного коэффициента; и

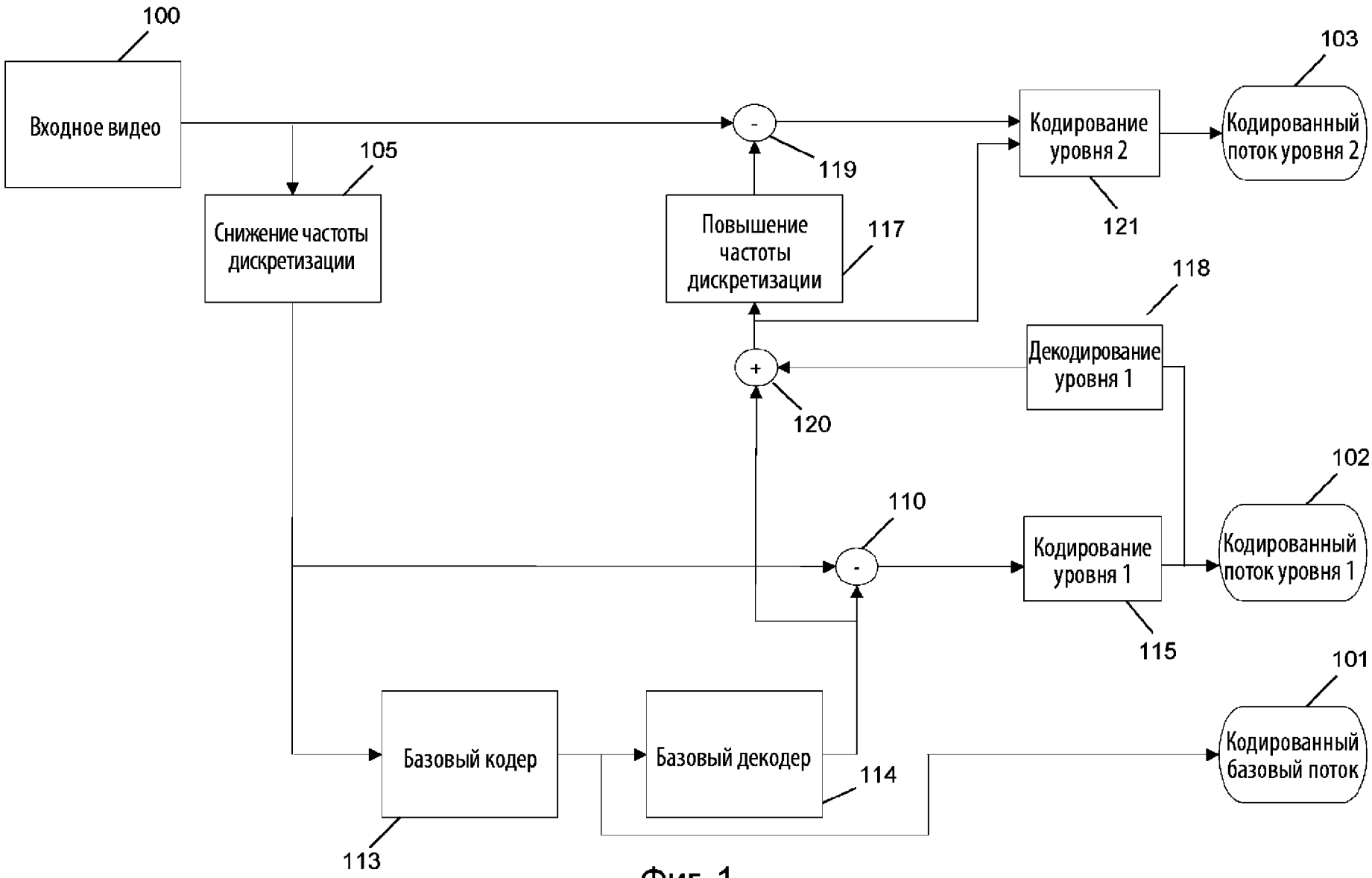
использование параметра квантования для деквантования заданного элемента квантованного коэффициента.

21. Способ по любому из пп. 16–20, отличающийся тем, что деквантование включает использование операции линейного деквантования и применение нецентрированного смещения деквантования.

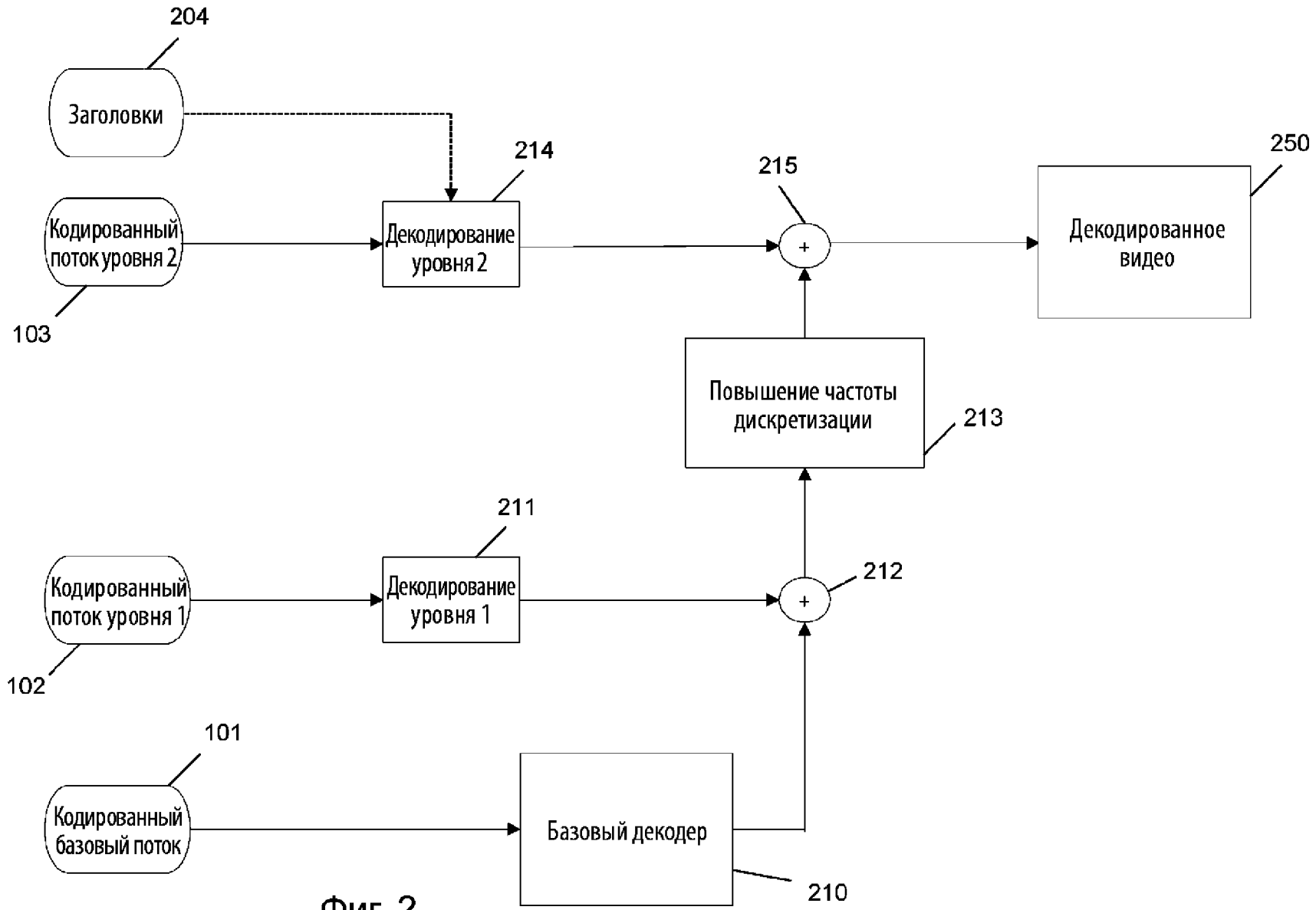
22. Кодер для кодирования входного видео, выполненный с возможностью реализации способа по любому из пп. 1–15.

23. Декодер для декодирования кодированного потока в восстановленное выходное видео, выполненный с возможностью реализации способа по любому из пп. 16–21.

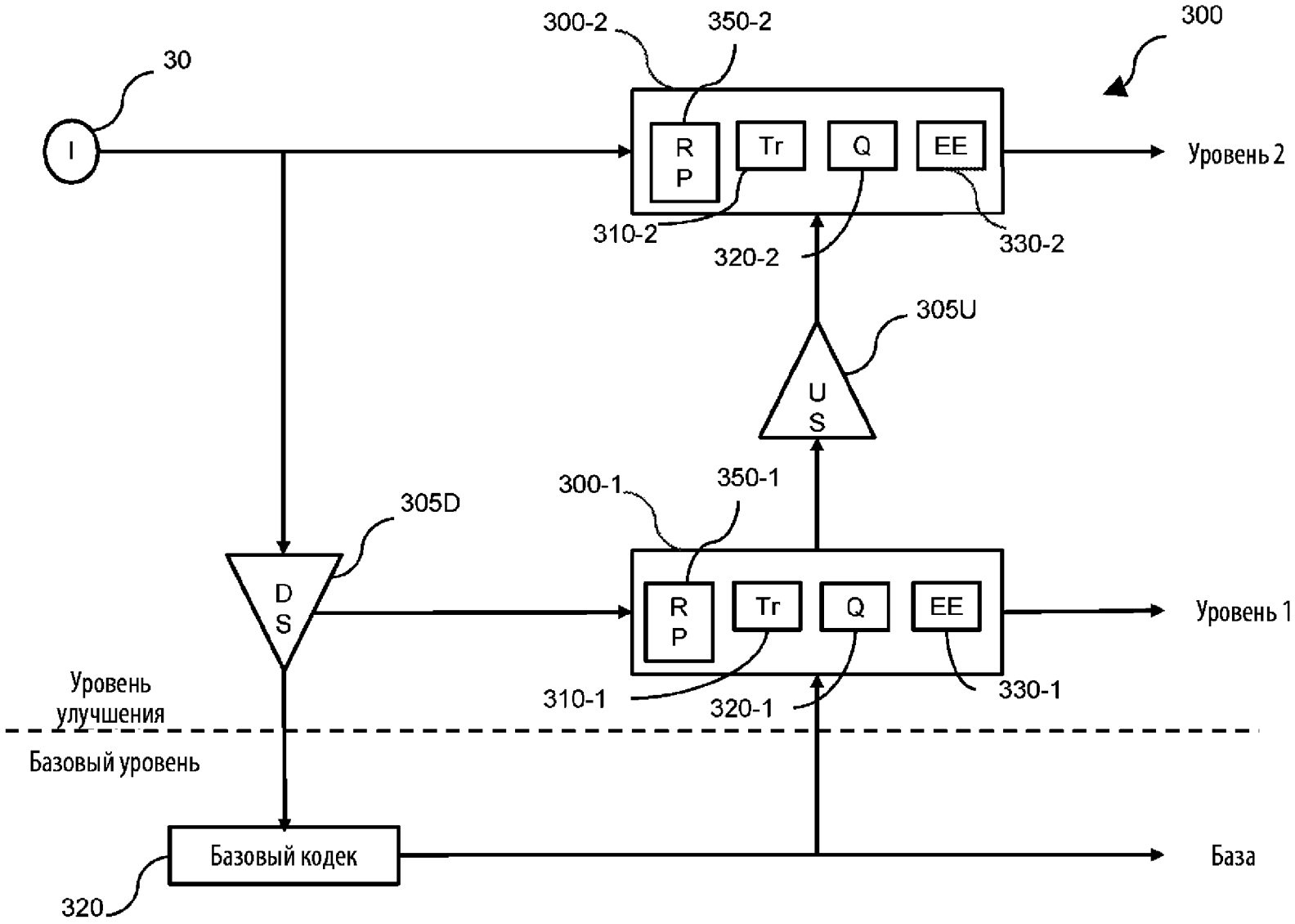
24. Энергонезависимый машиночитаемый носитель данных, хранящий команды, которые при выполнении процессором побуждают процессор реализовывать способы по любому из пп. 1–21.


100
Входное видео
105
Снижение частоты дискретизации
119
Повышение частоты дискретизации
117
Кодирование уровня 2
121
103
Кодированный поток уровня 2
118
Декодирование уровня 1
120
110
Кодирование уровня 1
115
102
Кодированный поток уровня 1
Базовый кодер
113
Базовый декодер
114
101
Кодированный базовый поток

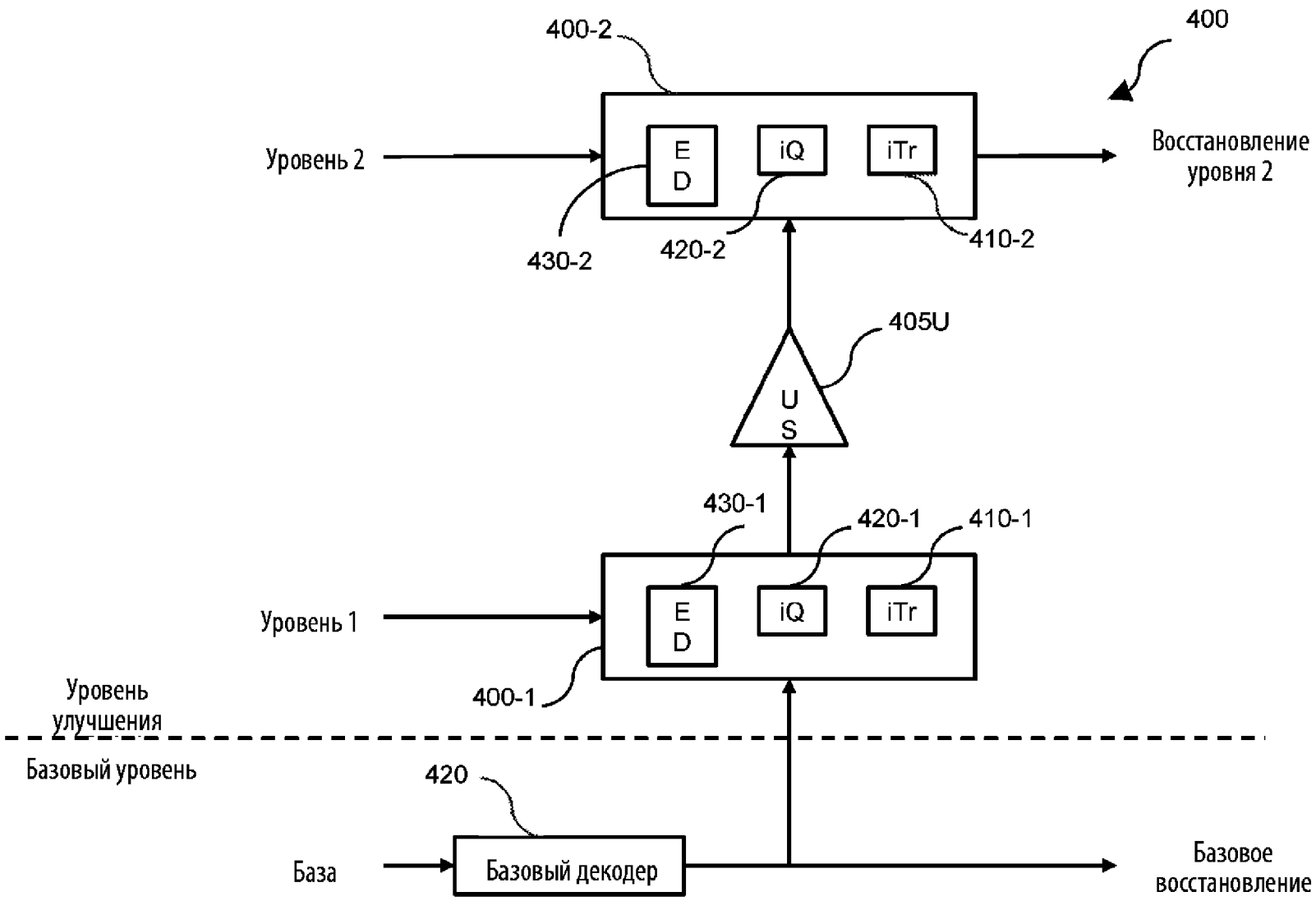
Фиг. 1


204
Заголовки
214
215
250
Кодированный поток уровня 2
Декодирование уровня 2
+
Декодированное видео
103
Повышение частоты дискретизации
213
211
Кодированный поток уровня 1
Декодирование уровня 1
+
212
102
101
Кодированный базовый поток
Базовый декодер
210

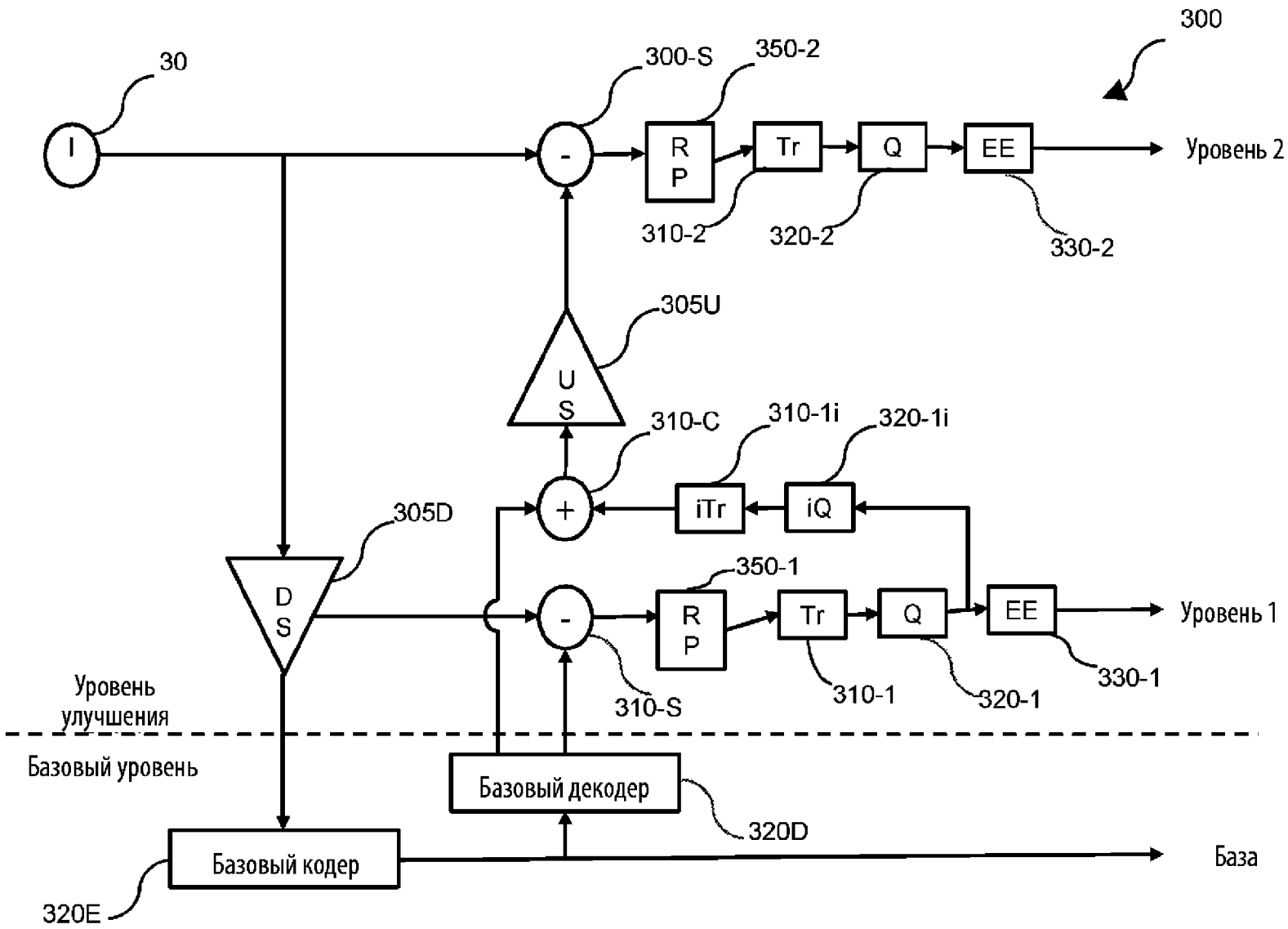
Фиг. 2


300
300-2
350-2
30
I
R
P
Tr
Q
EE
Уровень 2
310-2
320-2
330-2
305U
U
S
300-1
350-1
305D
D
S
R
P
Tr
Q
EE
Уровень 1
Уровень
улучшения
310-1
320-1
330-1
Базовый уровень
Базовый кодек
База
320

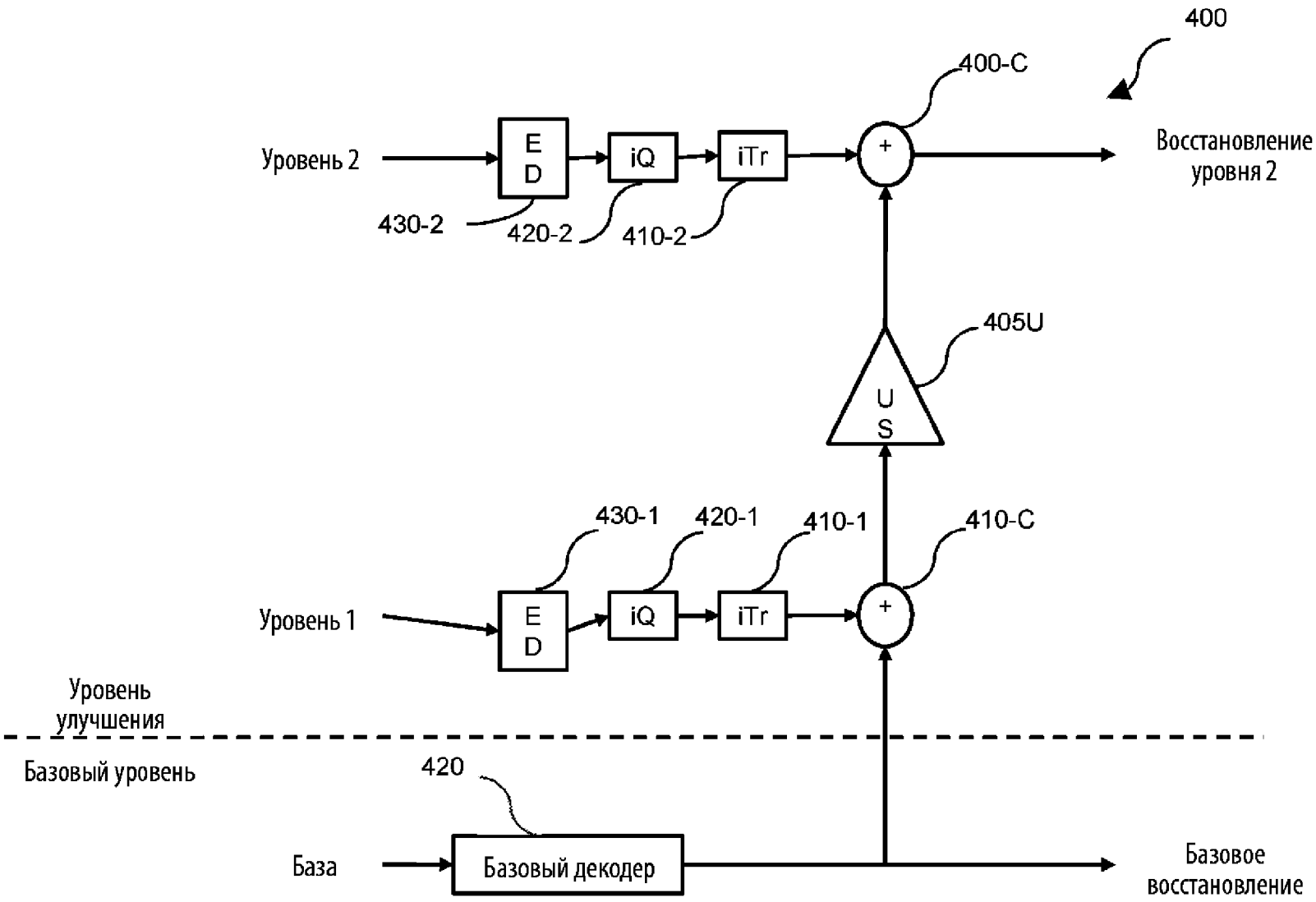
Фиг. 3


400
400-2
Уровень 2
E
D
iQ
iTr
Восстановление
уровня 2
430-2
420-2
410-2
405U
U
S
430-1
420-1
410-1
Уровень 1
E
D
iQ
iTr
400-1
Уровень
улучшения
Базовый уровень
420
База
Базовый декодер
Базовое
восстановление

Фиг. 4


300
30
I
300-S
350-2
R
P
Tr
Q
EE
Уровень 2
310-2
320-2
330-2
305U
U
S
310-C
310-1i
320-1i
iTr
iQ
305D
D
S
350-1
R
P
Tr
Q
EE
Уровень 1
310-S
310-1
320-1
330-1
Уровень
улучшения
Базовый уровень
Базовый декодер
320D
Базовый кодер
База
320E

Фиг. 5


400
400-C
Уровень 2
E
D
iQ
iTr
+
Восстановление
уровня 2
430-2
420-2
410-2
405U
U
S
430-1
420-1
410-1
410-C
Уровень 1
E
D
iQ
iTr
+
Уровень
улучшения
Базовый уровень
420
База
Базовый декодер
Базовое
восстановление

Фиг. 6

1001
Получение входного видео
1002
Дискретизация с пониженной частотой входного видео для создания видео с пониженной частотой дискретизации
1003
Подача команды о кодировании видео с пониженной частотой дискретизации с использованием базового кодера для создания базового кодированного потока
1004
Подача команды о декодировании базового кодированного потока с использованием базового декодера для создания восстановленного видео
1005
Сравнение восстановленного видео с видео с пониженной частотой дискретизации для создания первого набора остатков
Кодирование первого набора остатков для создания кодированного потока первого уровня
1006
Применение преобразования к первому набору остатков для создания первого набора коэффициентов
1007
Применение операции квантования к первому набору коэффициентов для создания первого набора квантованных коэффициентов, включая адаптацию квантования на основе первого набора коэффициентов, подлежащих квантованию, включая изменение ширины шага, используемой для разных коэффициентов из первого набора коэффициентов, при этом первый набор параметров, полученный из адаптации, сигнализируется в декодер, чтобы разрешить деквантование первого набора квантованных коэффициентов
1008
Применение операции кодирования к первому набору квантованных коэффициентов

Фиг. 7