РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 760 232**(13) **C2**

(51) МПК
G10L 19/008 (2013.01)
H04S 3/00 (2006.01)
H04S 3/02 (2006.01)
H04R 5/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G10L 19/008 *(2021.08);* ***H04S 3/00*** *(2021.08);* ***H04S 3/008*** *(2021.08);* ***H04S 3/02*** *(2021.08);* ***H04R 5/00*** *(2021.08)*

(21)(22) Заявка: **2018118336, 24.03.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.03.2015

Дата регистрации:
23.11.2021

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
24.03.2014 EP 14305423.7;
15.04.2014 EP 14305559.8
Номер и дата приоритета первоначальной заявки, из которой данная заявка выделена:
2016141386 24.03.2014

(43) Дата публикации заявки: **01.11.2018** Бюл. № **31**

(45) Опубликовано: **23.11.2021** Бюл. № **33**

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):
БЕМ Йоханнес (DE),
КАЙЛЕР Флориан (DE)

(73) Патентообладатель(и):
ДОЛБИ ИНТЕРНЭШНЛ АБ (NL)

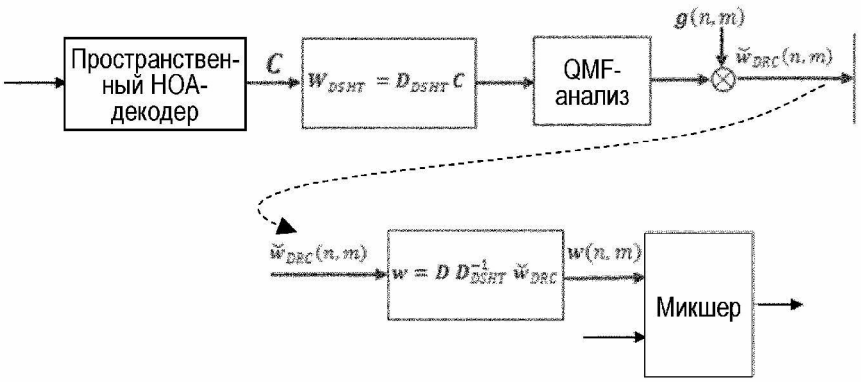
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **BURNETT I., HELLERUD E., SOLVANG A., SVENSSON U.P. Encoding higher order ambisonics with AAC // 124th Convention of Audio Engineering Society. 17-20.05.2008. 8 c. EP 2688066 A1, 22.01.2014. WO 2013176959 A1, 28.11.2013. US 2012155653 A1, 21.06.2012. WO 2013181115 A1, 05.12.2013. US 2012310654 A1, 06.12.2012. RU 2468451 C1, 27.11.2012. RU 2257676** (см. прод.)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ СЖАТИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА К СИГНАЛУ АМБИОФОНИИ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

(57) Реферат:

Заявленная группа изобретений относится к способу и устройству для выполнения сжатия динамического диапазона (DRC) для сигнала на основе амбиофонии, и в частности, для сигнала на основе амбиофонии высшего порядка (HOA). Техническим результатом является обеспечение возможности применения управления динамическим диапазоном (DRC) к сигналам на основе амбиофонии высшего порядка (HOA). Способ для выполнения DRC для HOA-сигнала содержит преобразование HOA-сигнала в пространственную область, анализ преобразованного HOA-сигнала и получение, из результатов упомянутого анализа, коэффициентов усиления, которые являются применимыми для динамического сжатия. Коэффициенты усиления могут передаваться вместе с HOA-сигналом. При применении DRC, HOA-сигнал преобразуется в пространственную область, коэффициенты усиления извлекаются и умножаются на преобразованный HOA-сигнал в пространственной области, при этом получается преобразованный HOA-сигнал с компенсацией усиления. Преобразованный HOA-сигнал с компенсацией усиления преобразуется обратно в HOA-область, при этом получается HOA-сигнал с компенсацией усиления. 3 н. и 6 з.п. ф-лы, 8 ил., 7 табл.

RU 2760232 C2
RU 2760232 C2



ФИГ. 7

(56) (продолжение):
C2, 27.07.2005. RU 2485605 C2, 20.06.2013.

RU 2760232 C2

RU 2760232 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 760 232**(13) **C2**

(51) Int. Cl.
G10L 19/008 (2013.01)
H04S 3/00 (2006.01)
H04S 3/02 (2006.01)
H04R 5/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
G10L 19/008 (2021.08); H04S 3/00 (2021.08); H04S 3/008 (2021.08); H04S 3/02 (2021.08); H04R 5/00 (2021.08)

(21)(22) Application: **2018118336, 24.03.2015**

(24) Effective date for property rights:
24.03.2015

Registration date:
23.11.2021

Priority:
(30) Convention priority:
24.03.2014 EP 14305423.7;
15.04.2014 EP 14305559.8
Number and date of priority of the initial application, from which the given application is allocated:
2016141386 24.03.2014

(43) Application published: **01.11.2018** Bull. № **31**

(45) Date of publication: **23.11.2021** Bull. № **33**

Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
BOEHM Johannes (DE),
KEILER Florian (DE)

(73) Proprietor(s):
DOLBY INTERNATIONAL AB (NL)

RU 2760232 C2

RU 2760232 C2

(54) METHOD AND DEVICE FOR APPLYING DYNAMIC RANGE COMPRESSION TO HIGHER-ORDER AMBIOPHONY SIGNAL

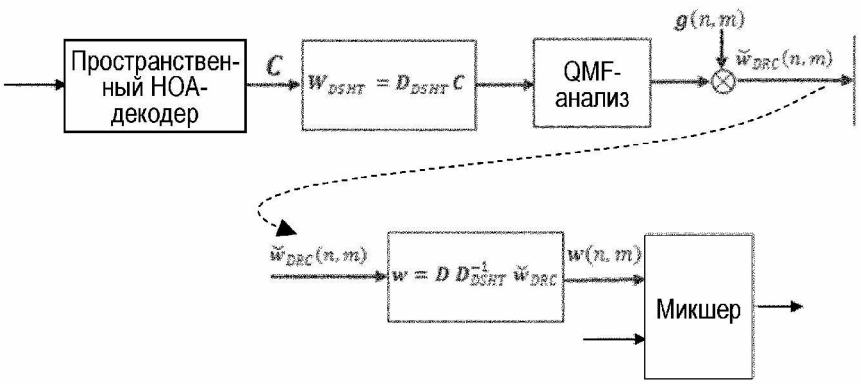
(57) Abstract:

FIELD: acoustics.

SUBSTANCE: claimed group of inventions relates to a method and device for performing dynamic range compression (hereinafter – DRC) for an ambiophony-based signal, and in particular for a signal based on higher-order ambiophony (hereinafter – HOA). The method for performing DRC for HOA signal includes converting HOA signal into a spatial domain, analyzing converted HOA signal and obtaining, from the results of the mentioned analysis, gain coefficients that are applicable for dynamic compression. Gain coefficients can be transmitted together with HOA signal. When using DRC, HOA signal is converted into a spatial domain, gain coefficients are extracted and multiplied by converted HOA signal in the spatial domain, and converted HOA signal with gain compensation is obtained. Converted HOA signal with gain compensation is converted back to HOA domain, and HOA signal with gain compensation is obtained.

EFFECT: providing the possibility of applying dynamic range control (DRC) to signals based on higher-order ambiophony (HOA).

9 cl, 8 dwg, 7 tbl



ФИГ. 7

RU 2760232 C2

RU 2760232 C2

Область техники

Данное изобретение относится к способу и устройству для выполнения сжатия динамического диапазона (DRC) для сигнала на основе амбиофонии, и в частности, для сигнала на основе амбиофонии высшего порядка (HOA).

Уровень техники

Цель сжатия динамического диапазона (DRC) состоит в том, чтобы уменьшать динамический диапазон аудиосигнала. Изменяющийся во времени коэффициент усиления применяется к аудиосигналу. Типично, этот коэффициент усиления зависит от амплитудной огибающей сигнала, используемого для управления усилением. Преобразование является в общем нелинейным. Большие амплитуды преобразуются в меньшие, в то время как слабые звуки зачастую усиливаются. Сценарии представляют собой зашумленные окружения, прослушивание поздней ночью, небольшие динамики или прослушивание в мобильных наушниках.

Общий принцип для потоковой передачи или широковещательной передачи аудио заключается в том, чтобы формировать DRC-усиления перед передачей и применять эти усиления после приема и декодирования. Принцип использования DRC, т.е. то, как DRC обычно применяется к аудиосигналу, показан на фиг. 1a. Обнаруживается уровень сигнала, обычно огибающая сигнала, и вычисляется связанное изменяющееся во времени усиление g_{DRC}. Усиление используется для того, чтобы изменять амплитуду аудиосигнала. Фиг. 1b показывает принцип использования DRC для кодирования/декодирования, в котором коэффициенты усиления передаются вместе с кодированным аудиосигналом. На стороне декодера, усиления применяются к декодированному аудиосигналу, чтобы уменьшать его динамический диапазон.

Для трехмерного аудио, различные усиления могут применяться к каналам громкоговорителей, которые представляют различные пространственные позиции. Эти позиции затем должны быть известными на отправляющей стороне с тем, чтобы иметь возможность формировать совпадающий набор усилений. Это обычно возможно только для идеализированных условий, в то время как в реалистичных случаях, число динамиков и их размещение варьируется множеством способов. Это в большей степени обусловлено практическими соображениями, а не техническими требованиями. Амбиофония высшего порядка (HOA) представляет собой аудиоформат, который обеспечивает возможность гибкого рендеринга. HOA-сигнал состоит из каналов коэффициентов, которые непосредственно не представляют уровни звука. Следовательно, DRC не может просто применяться к сигналам на основе HOA.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение разрешает, по меньшей мере, проблему того, как DRC может применяться к HOA-сигналам. HOA-сигнал анализируется для того, чтобы получать один или более коэффициентов усиления. В одном варианте осуществления, получаются, по меньшей мере, два коэффициента усиления, и анализ HOA-сигнала содержит преобразование в пространственную область (iDSHT). Один или более коэффициентов усиления передаются вместе с исходным HOA-сигналом. Специальный индикатор может передаваться, чтобы указывать то, равны или нет все коэффициенты усиления. Это имеет место в так называемом упрощенном режиме, тогда как, по меньшей мере, два различных коэффициента усиления используются в неупрощенном режиме. В декодере, одно или более усилений могут (но не обязательно должны) применяться к HOA-сигналу. Пользователь имеет выбор в отношении того, применять или нет один или более усилений. Преимущество упрощенного режима состоит в том, что он требует значительно меньшего объема вычислений, поскольку используется только один

коэффициент усиления, и поскольку коэффициент усиления может применяться к каналам коэффициентов HOA-сигнала непосредственно в HOA-области, так что преобразование в пространственную область и последующее преобразование обратно в HOA-область могут пропускаться. В упрощенном режиме, коэффициент усиления получается посредством анализа только канала коэффициентов нулевого порядка HOA-сигнала.

Согласно одному варианту осуществления изобретения, способ для выполнения DRC для HOA-сигнала содержит преобразование HOA-сигнала в пространственную область (посредством обратного DSHT), анализ преобразованного HOA-сигнала и получение, из результатов упомянутого анализа, коэффициентов усиления, которые являются применимыми для сжатия динамического диапазона. На дополнительных этапах, полученные коэффициенты усиления умножаются (в пространственной области) на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием усиления. В завершение, преобразованный HOA-сигнал со сжатием усиления преобразуется обратно в HOA-область (посредством DSHT), т.е. в область коэффициентов, при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления.

Дополнительно, согласно одному варианту осуществления изобретения, способ для выполнения DRC в упрощенном режиме для HOA-сигнала содержит анализ HOA-сигнала и получение из результатов упомянутого анализа коэффициента усиления, которое является применимым для сжатия динамического диапазона. На дополнительных этапах, после оценки индикатора, полученный коэффициент усиления умножается на каналы коэффициентов HOA-сигнала (в HOA-области), при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления. Также после оценки индикатора, можно определять то, что преобразование HOA-сигнала может пропускаться. Индикатор для того, чтобы указывать упрощенный режим, т.е. то, что используется только один коэффициент усиления, может задаваться неявно, например, если только упрощенный режим может использоваться вследствие аппаратных или других ограничений, либо явно, например, при пользовательском выборе упрощенного или неупрощенного режима.

Дополнительно, согласно одному варианту осуществления изобретения, способ для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу содержит прием HOA-сигнала, индикатора и коэффициентов усиления, определение того, что индикатор указывает неупрощенный режим, преобразование HOA-сигнала в пространственную область (с использованием обратного DSHT), при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножение коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и преобразование преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область (т.е. в область коэффициентов) (с использованием DSHT), при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона. Коэффициенты усиления могут приниматься вместе с HOA-сигналом или отдельно.

Дополнительно, согласно одному варианту осуществления изобретения, способ для применения коэффициента DRC-усиления к HOA-сигналу содержит прием HOA-сигнала, индикатора и коэффициента усиления, определение того, что индикатор указывает упрощенный режим, и после упомянутого определения, умножение коэффициента усиления на HOA-сигнал, при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона. Коэффициенты усиления могут приниматься вместе с HOA-сигналом или отдельно.

Устройство для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу раскрыто в пункте 11 формулы изобретения.

В одном варианте осуществления, изобретение предоставляет машиночитаемый

носитель, имеющий выполняемые инструкции для того, чтобы предписывать компьютеру осуществлять способ для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, содержащий этапы, как описано выше.

В одном варианте осуществления, изобретение предоставляет машиночитаемый носитель, имеющий выполняемые инструкции для того, чтобы предписывать компьютеру осуществлять способ для выполнения DRC для HOA-сигнала, содержащий этапы, как описано выше.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения раскрыты в прилагаемой формуле изобретения, в нижеприведенном описании и на чертежах.

Краткое описание чертежей

Примерные варианты осуществления изобретения описаны со ссылкой на прилагаемые чертежи, из которых:

Фиг. 1 показывает общий принцип DRC применяемый к аудио;

Фиг. 2 показывает общий подход для применения DRC к сигналам на основе HOA согласно изобретению;

Фиг. 3 показывает сферические сетки динамиков для N=1 - N=6;

Фиг. 4 показывает создание DRC-усилений для HOA;

Фиг. 5 показывает применение DRC к HOA-сигналам;

Фиг. 6 показывает обработку сжатия динамического диапазона на стороне декодера;

Фиг. 7 показывает DRC для HOA в QMF-области, комбинированное с этапом рендеринга; и

Фиг. 8 показывает DRC для HOA в QMF-области, комбинированное с этапом рендеринга для простого случая одной группы DRC-усилений.

Подробное описание изобретения

Настоящее изобретение описывает то, как DRC может применяться к HOA. Это традиционно непросто, поскольку HOA является описанием звукового поля. Фиг. 2 иллюстрирует принцип подхода. На стороне кодирования или передачи, как показано на фиг. 2a, HOA-сигналы анализируются, DRC-усиления g вычисляются из анализа HOA-сигнала, и DRC-усиления кодируются и передаются вместе с кодированным представлением HOA-контента. Он может представлять собой мультиплексированный поток битов или два или более отдельных потоков битов.

На стороне декодирования или приема, как показано на фиг. 2b, усиления g извлекаются из такого потока битов или потоков битов. После декодирования потока битов или потоков битов в декодере, усиления g применяются к HOA-сигналу, как описано ниже. Посредством этого, усиления применяются к HOA-сигналу, т.е. в общем получается HOA-сигнал с уменьшенным динамическим диапазоном. В завершение, HOA-сигнал с отрегулированным динамическим диапазоном подвергается рендерингу в модуле HOA-рендеринга.

Далее поясняются используемые допущения и определения.

Допущения заключаются в том, что модуль HOA-рендеринга сохраняет энергию, т.е. используются N3D-нормализованные сферические гармоники, и энергия однонаправленного сигнала, кодированного в HOA-представлении, поддерживается после рендеринга. Например, в WO2015/007889A$_{(PD130040)}$ описывается то, как достигать этого HOA-рендеринга с сохранением энергии.

Определения используемых терминов следующие.

$\boldsymbol{B} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ обозначает блок τ HOA-выборок, $\boldsymbol{B} = [\boldsymbol{b}(1), \boldsymbol{b}(2), .., \boldsymbol{b}(t), .., \boldsymbol{b}(\tau)]$, с

вектором $\boldsymbol{b}(t) = [b_1, b_2, \dots b_o, \dots b_{(N+1)^2}]^T = [B_0^0, B_1^{-1}, \dots\ B_n^m, \dots B_N^N,]^T$, который содержит коэффициенты амбиофонии в ACN-порядке (векторный индекс o=n^2+n+m+1 с индексом n порядка коэффициентов и индексом m степени коэффициентов). N обозначает порядок HOA-усечения. Число коэффициентов высшего порядка в b составляет $(N+1)^2$, индекс выборки для одного блока данных составляет t. τ может варьироваться обычно от одной выборки до 64 выборок или более. Сигнал $b_o = [b_1(1), b_1(2), \dots, b_1(\tau)]$ нулевого порядка является первой строкой B. $\boldsymbol{D} \in \mathbb{R}^{L \times (N+1)^2}$ обозначает матрицу рендеринга с сохранением энергии, которая подвергает рендерингу блок HOA-выборок в блок канала L-громкоговорителя в пространственной области: $\boldsymbol{W} = \boldsymbol{DB}$ где $\boldsymbol{W} \in \mathbb{R}^{L \times \tau}$. Это представляет собой предполагаемую процедуру модуля HOA-рендеринга на фиг. 2b (HOA-рендеринг).

$\boldsymbol{D_L} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ обозначает матрицу рендеринга, связанную с $L_L = (N+1)^2$ каналов, которые позиционируются на сфере с очень высокой регулярностью таким способом, что все соседние позиции совместно используют идентичное расстояние. D_L является хорошо обусловленной, и ее инверсия $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ существует. Таким образом, обе из них задают пару матриц преобразования (DSHT - дискретное преобразование сферических гармоник):

$$\boldsymbol{W_L} = \boldsymbol{D_L B}, \ \boldsymbol{B} = \boldsymbol{D_L^{-1} W_L}$$

g является вектором $L_L=(N+1)^2$ DRC-значений усиления. Значения усиления предположительно должны применяться к блоку в τ выборок и предположительно должны быть сглаженными между блоками. Для передачи, значения усиления, которые совместно используют идентичные значения, могут комбинироваться в группы усилений. Если используется только одна группа усилений, это означает то, что одно значение DRC-усиления, здесь указываемое посредством g_1, применяется ко всем τ выборкам каналов динамиков.

Для каждого порядка N HOA-усечения, задается идеальная сетка $L_L = (N+1)^2$ виртуальных динамиков и связанная матрица D_L рендеринга. Позиции виртуальных динамиков дискретизируют пространственные области, окружающие виртуального слушателя. Сетки для N=1-6 показаны на фиг. 3, при этом области, связанные с динамиком, являются заштрихованными ячейками. Одна позиция дискретизации всегда связана с позицией центрального динамика (азимут=0, наклон=$\pi/2$; Следует отметить, что азимут измеряется от фронтального направления, связанного с позицией прослушивания). Позиции дискретизации, D_L, $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ известны на стороне кодера, когда DRC-усиления создаются. На стороне декодера, D_L и $\boldsymbol{D_L^{-1}}$ должны быть известными для применения значений усиления.

Создание DRC-усилений для HOA работает следующим образом.

HOA-сигнал преобразуется в пространственную область посредством $\boldsymbol{W_L} = \boldsymbol{D_L B}$.

Вплоть до $L_L=(N+1)^2$ DRC-усилений g_l создаются посредством анализа этих сигналов. Если контент представляют собой комбинацию HOA и аудиообъектов (AO), AO-сигналы,

такие как, например, диалоговые дорожки, могут использоваться для бокового сцепления. Это показано на фиг. 4b. При создании различных значений DRC-усиления, связанных с различными пространственными областями, следует обращать внимание на то, что эти усиления не оказывают влияние на стабильность пространственных изображений на стороне декодера. Чтобы не допускать этого, одно усиление может назначаться всем L-каналам в простейшем случае (так называемый упрощенный режим). Это может выполняться посредством анализа всех пространственных сигналов W или посредством анализа блока (b_o) выборок HOA-коэффициентов нулевого порядка, и преобразование в пространственную область не требуется (фиг. 4a). Оно является идентичным анализу сигнала низведения W. Ниже приведена более подробная информация.

На фиг. 4, показано создание DRC-усилений для HOA. Фиг. 4a иллюстрирует то, как одно усиление g_1 (для одной группы усилений) может извлекаться из компонента b_o нулевого HOA-порядка (необязательного при боковом сцеплении из AO). Компонент b_o нулевого HOA-порядка анализируется в блоке 41s DRC-анализа, и извлекается одно усиление g_1. Одно усиление g_1 отдельно кодируется в кодере 42s DRC-усиления. Кодированное усиление затем кодируется вместе с HOA-сигналом B в кодере 43, который выводит кодированный поток битов. Необязательно, дополнительные сигналы 44 могут быть включены в кодирование. Фиг. 4b иллюстрирует,то как два или более DRC-усилений создаются посредством преобразования (40) HOA-представления в пространственную область. Преобразованный HOA-сигнал W_L затем анализируется в блоке 41 DRC-анализа, и значения g усиления извлекаются и кодируются в кодере 42 DRC-усиления. Также здесь, кодированное усиление кодируется вместе с HOA-сигналом B в кодере 43, и необязательно дополнительные сигналы 44 могут быть включены в кодирование. В качестве примера, звуки сзади (например, фоновый звук) могут получать большее ослабление, чем звуки, исходящие из переднего и бокового направлений. Это должно приводить к $(N+1)^2$ значений усиления в g, которые могут передаваться в двух группах усилений согласно этому примеру. Необязательно, также здесь можно использовать боковое сцепление посредством форм сигнала аудиообъектов и их направленной информации. Боковое сцепление означает то, что DRC-усиления для сигнала получаются из другого сигнала. Это уменьшает мощность HOA-сигнала. Отвлекающие звуки в HOA-сведении, совместно использующие идентичные области пространственных источников с AO-звуками переднего плана, могут получать более сильные усиления при ослаблении, чем пространственно удаленные звуки.

Значения усиления передаются на сторону приемного устройства или декодера.

Переменное число от 1 до $L_L=(N+1)^2$ значений усиления, связанных с блоком в τ выборок, передается. Значения усиления могут назначаться группам каналов для передачи. В варианте осуществления, все равные усиления комбинируются в одной группе каналов для того, чтобы минимизировать передаваемые данные. Если передается одно усиление, оно связано со всеми L_L каналами. Передаются значения g_{i_g} усиления групп каналов и их число. Использование групп каналов передается в служебных сигналах, так что приемное устройство или декодер может корректно применять значения усиления.

Значения усиления применяются следующим образом.

Приемное устройство/декодер может определять число передаваемых кодированных значений усиления, декодировать (51) связанную информацию и назначать (52-55) усиления $L_L=(N+1)^2$ каналам.

Если передается только одно значение усиления (одна группа каналов), оно может непосредственно применяться (52) к HOA-сигналу ($\boldsymbol{B}_{DRC} = g_1 \boldsymbol{B}$), как показано на фиг. 5a. Это имеет преимущество, поскольку декодирование является гораздо более простым и требует значительно меньшего объема обработки. Причина состоит в том, что матричные операции не требуются; вместо этого, значения усиления могут применяться (52) непосредственно, например, умножаться на HOA-коэффициенты. Для получения дальнейшей информации см. ниже.

Если передаются два или более усилений, каждое усиление групп каналов назначается L канальных усилений $\boldsymbol{g} = [g_1, \ldots, g_L]$.

Для сетки виртуальных регулярных громкоговорителей, сигналы громкоговорителей с применяемыми DRC-усилениями вычисляются следующим образом:

$$\widetilde{\boldsymbol{W}}_L = diag(\boldsymbol{g}) \cdot \boldsymbol{W}_L.$$

Результирующее модифицированное HOA-представление затем вычисляется следующим образом:

$$\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{D}_L^{-1} \widetilde{\boldsymbol{W}}_L.$$

Это может быть упрощено, как показано на фиг. 5b. Вместо преобразования HOA-сигнала в пространственную область, применения усилений и преобразования результата обратно в HOA-область, вектор усиления преобразуется (53) в HOA-область следующим образом:

$$\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1} \, diag(\boldsymbol{g}) \, \boldsymbol{D}_L,$$

где $\in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$. Матрица усилений применяется непосредственно к HOA-коэффициентам в блоке 54 назначения усилений: $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{G}\boldsymbol{B}$.

Это является более эффективным с точки зрения вычислительных операций, требуемых для $(N+1)^2 < \tau$. Иными словами, это решение имеет преимущество над традиционными решениями, поскольку декодирование является гораздо более простым и требует значительно меньшего объема обработки. Причина состоит в том, что матричные операции не требуются; вместо этого, значения усиления могут применяться непосредственно, например, умножаться на HOA-коэффициенты в блоке 54 назначения усилений.

В одном варианте осуществления, еще более эффективный способ применения матрицы усилений состоит в том, чтобы обрабатывать, в блоке (57) модификации матрицы модуля рендеринга, матрицу модуля рендеринга посредством $\widehat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{D}\boldsymbol{G}$, применять DRC и подвергать рендерингу HOA-сигнал за один этап: $\boldsymbol{W} = \widehat{\boldsymbol{D}}\boldsymbol{B}$. Это показано на фиг. 5c. Это является полезным, если $L < \tau$.

В общих словах, фиг. 5 показывает различные варианты осуществления применения DRC к HOA-сигналам. На фиг. 5a, усиление одной группы каналов передается и декодируется (51) и применяется непосредственно к HOA-коэффициентам (52). Затем HOA-коэффициенты подвергают рендерингу (56) с использованием нормальной матрицы

рендеринга.

На фиг. 5b, более одного усиления групп каналов передаются и декодируются (51). Декодирование приводит к вектору g усиления из $(N+1)^2$ значений усиления. Матрица G усилений создается и применяется (54) к блоку HOA-выборок. Они затем подвергают рендерингу (56) посредством использования нормальной матрицы рендеринга.

На фиг. 5c, вместо применения декодированного значения усиления/матрицы усилений к HOA-сигналу непосредственно, оно применяется непосредственно к матрице модуля рендеринга. Это выполняется в блоке (57) модификации матрицы модуля рендеринга, и обеспечивается вычислительное преимущество, если размер τ DRC-блока превышает число L выходных каналов. В этом случае, HOA-выборки подвергают рендерингу (57) посредством использования модифицированной матрицы рендеринга.

Далее описывается вычисление идеальных матриц DSHT (дискретного преобразования сферических гармоник) для DRC. Такие DSHT-матрицы, в частности, оптимизированы для использования в DRC и отличаются от DSHT-матриц, используемых для другой цели, например, для сжатия скорости передачи данных.

Требования для идеальных матриц D_L и $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ рендеринга и кодирования, связанных с идеальной сферической схемой размещения, извлекаются ниже. В завершение, эти требования являются следующими:

(1) матрица D_L рендеринга должна быть обратимой, т.е. $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ должна существовать;

(2) сумма амплитуд в пространственной области должна отражаться в качестве HOA-коэффициентов нулевого порядка после преобразования из пространственной в HOA-область и должна сохраняться после последующего преобразования в пространственную область (требование по амплитуде); и

(3) энергия пространственного сигнала должна сохраняться при преобразовании в HOA-область и обратно в пространственную область (требование по сохранению энергии).

Даже для идеальных схем размещения для рендеринга, требование 2 и 3, кажется, противоречат друг другу. При использовании простого подхода для того, чтобы извлекать матрицы DSHT-преобразования, к примеру, подходов, известных из предшествующего уровня техники, только одно или второе из требований (2) и (3) может удовлетворяться без ошибки. Удовлетворение одного из требований (2) и (3) без ошибки приводит к ошибкам, превышающим 3 дБ, для другого. Это обычно приводит к слышимым артефактам. Ниже описывается способ для того, чтобы преодолевать эту проблему.

Во-первых, выбирается идеальная сферическая схема размещения с $L_L=(N+1)^2$. L направлений позиций (виртуальных) динамиков задаются посредством $\boldsymbol{\Omega}_l$, и связанная матрица мод обозначается как $\boldsymbol{\Psi}_L = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l), \ \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_L)]^T$. Каждый $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l)$ является вектором мод, содержащим сферические гармоники направления $\boldsymbol{\Omega}_l$. L квадратурных усилений, связанных с позициями в сферической схеме размещения, собираются в векторе $\boldsymbol{q}$. Эти квадратурные усиления оценивают сферическую область вокруг таких позиций и все суммируются в значение 4π, связанное с поверхностью сферы с радиусом

в единицу. Первая прототипная матрица $\tilde{D}_L$ рендеринга извлекается следующим образом:

$$\tilde{D}_L = diag(q)\frac{\Psi_L}{L}.$$

Следует отметить, что деление на L может опускаться вследствие последующего этапа нормализации (см. ниже).

Во-вторых, выполняется компактное разложение по сингулярным значениям: $\tilde{D}_L = USV^T$, и вторая прототипная матрица извлекается следующим образом: $\tilde{\tilde{D}}_L = UV^T$.

В-третьих, прототипная матрица нормализуется:

$$\breve{D}_L = \frac{\tilde{\tilde{D}}_L}{\left\|\tilde{\tilde{D}}_L\right\|_k},$$

где k обозначает тип матричной нормы. Два типа матричной нормы показывают одинаково хорошую производительность. Должна использоваться либо норма k=1, либо норма Фробениуса. Эта матрица удовлетворяет требованию 3 (сохранение энергии).

В-четвертых, на последнем этапе подставляется амплитудная ошибка для того, чтобы удовлетворять требованию 2. Вектор-строка e вычисляется следующим образом: $e = -\frac{1_L^T \breve{D}_L - [1,0,0,..,0]}{L}$, где $[1,0,0,..,0]$ является вектором-строкой из $(N+1)^2$ всех нулевых элементов за исключением первого элемента со значением в единицу. $1_L^T \breve{D}_L$ обозначает векторы суммы строк $\breve{D}_L$. Матрица D_L рендеринга теперь извлекается посредством подстановки амплитудной ошибки: $D_L = \breve{D}_L + [e^T, e^T, e^T, ..]^T$, где вектор e добавляется в каждую строку $\breve{D}_L$. Эта матрица удовлетворяет требованию 2 и требованию 3. Все элементы первой строки D_L^{-1} становятся равными единице.

Далее поясняются подробные требования для DRC.

Во-первых, L_L идентичных усилений со значением g_1, применяемым в пространственной области, равны, чтобы применять усиление g_1 к HOA-коэффициентам:

$$D_L^{-1}\, g\, W_L = D_L^{-1}\, g_1 I\, D_L\, B = g_1 D_L^{-1}\, D_L\, B = g_1 B$$

Это приводит к требованию: $D_L^{-1}\, D_L = I$, что означает то, что $L = (N+1)^2$, и D_L^{-1} должна существовать (тривиальный случай).

Во-вторых, анализ суммирующего сигнала в пространственной области равен анализу HOA-компонента нулевого порядка. DRC-анализаторы используют энергию сигналов, а также ее амплитуду. Таким образом, суммирующий сигнал связан с амплитудой и энергией.

Модель прохождения сигналов HOA: $B = \Psi_e X_s$, $X_s \in \mathbb{R}^{S \times \tau}$ является матрицей S направленных сигналов; $\Psi_e = [\varphi(\Omega_1), ..., \varphi(\Omega_s), \ \varphi(\Omega_S)]$ является N3D-матрицей мод, связанной с направлениями Ω_1,..., Ω_s. Вектор $\varphi(\Omega_s) = [Y_0^0(\Omega_s),\ Y_1^{-1}(\Omega_s), ... Y_N^N(\Omega_s)]^T$ мод собирается из сферических гармоник. В системе обозначений N3D, компонент $Y_0^0(\Omega_s) = 1$

нулевого порядка является независимым от направления.

HOA-сигнал компонента нулевого порядка должен становиться суммой направленных сигналов $\mathcal{b}_o = [b_1(1), b_1(2), \ldots, b_1(T)] = \mathbf{1}_S^T \boldsymbol{X}_s$, чтобы отражать корректную амплитуду суммирующего сигнала. $\mathbf{1}_S$ является вектором, собранным из S элементов со значением в 1. Энергия направленных сигналов сохраняется в этом сведении, поскольку $\mathcal{b}_o \mathcal{b}_o^T = \mathbf{1}_S^T \boldsymbol{X}_s \boldsymbol{X}_s^T \mathbf{1}_S$. Это должно упрощаться в $\sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{\tau} X_{s,t}^2 = ||\boldsymbol{X}_s||_{fro}^2$, если сигналы $\boldsymbol{X}_s$ не коррелируются.

Сумма амплитуд в пространственной области задается следующим образом: $\mathbf{1}_L^T \boldsymbol{W}_L = \mathbf{1}_L^T \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\Psi}_e \boldsymbol{X}_s = \mathbf{1}_L^T \boldsymbol{M}_L \boldsymbol{X}_s$ с матрицей $\boldsymbol{M}_L = \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\Psi}_e$ HOA-панорамирования.

Это становится $\mathcal{b}_o = \mathbf{1}_S^T \boldsymbol{X}_s$ для $\mathbf{1}_L^T \boldsymbol{M}_L = \mathbf{1}_L^T \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\Psi}_e = \mathbf{1}_S^T$. Второе требование может сравниваться с требованием по сумме амплитуд, иногда используемым в панорамировании, таком как VBAP. Эмпирически можно видеть, что это может достигаться в хорошей аппроксимации для очень симметричных сферических компоновок динамиков с $\boldsymbol{D}_L = \boldsymbol{\Psi}_e^{-1}$, поскольку обнаруживается следующее: $\mathbf{1}_L^T \boldsymbol{D}_L \approx [1,0,0,..,0] \implies \mathbf{1}_L^T \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\Psi}_e \approx [Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_s)] = \mathbf{1}_S^T$. Требование по амплитуде затем может быть достигнуто с требуемой точностью. Это также обеспечивает то, что может удовлетворяться требование по энергии для суммирующего сигнала.

Сумма энергий в пространственной области задается следующим образом: $\mathbf{1}_L^T \boldsymbol{W}_L \boldsymbol{W}_L^T \mathbf{1}_L = \mathbf{1}_L^T \boldsymbol{M}_L \boldsymbol{X}_s \boldsymbol{X}_s^T \boldsymbol{M}_L \mathbf{1}_L$, что должно становиться в хорошей аппроксимации $\mathbf{1}_S^T \boldsymbol{X}_s \boldsymbol{X}_s^T \mathbf{1}_S$, наличие идеальной требуемой симметричной компоновки динамиков. Это приводит к требованию: $\mathbf{1}_L^T \boldsymbol{D}_L \simeq [1,0,0,..,0]$, и помимо этого, из модели прохождения сигналов можно прийти к такому заключению, что верхняя строка $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ должна быть [1,1,1,1...], т.е. вектор длины L с "единичными" элементами, с тем чтобы повторно кодированный нулевой сигнал порядка поддерживал амплитуду и энергию.

В-третьих, сохранение энергии является обязательной предпосылкой. Энергия сигнала $\boldsymbol{x}_s \in \mathbb{R}^{1x\tau}$ должна сохраняться после преобразования в HOA и пространственного рендеринга в громкоговорители независимо от направления $\boldsymbol{\Omega}_s$ сигнала. Это приводит к $||\boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_s)||_2^2 = 1$. Это может достигаться посредством моделирования D_L из матриц вращения и диагональной матрицы усилений: $\boldsymbol{D}_L = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T\, diag(\boldsymbol{a})$ (зависимость от направления $(\boldsymbol{\Omega}_s)$ исключена для ясности):

$$||\boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi}||_2^2 = \boldsymbol{\varphi}^T \boldsymbol{D}_L^T \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T diag(\boldsymbol{a}) \boldsymbol{V}\boldsymbol{U}^T \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T diag(\boldsymbol{a}) \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T diag(\boldsymbol{a})^2 \boldsymbol{\varphi} = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 \varphi_o^2 \equiv 1$$

Для сферических гармоник $\varphi_o^2 = Y_n^{m\,2}(\boldsymbol{\Omega}_s) = 1$, так что все усиления a_o^2, связанные с $||\boldsymbol{D}_L||_{fro}^2 = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$, должны удовлетворять уравнению. Если все усиления выбираются равными, это приводит к $a_o^2 = (N+1)^{-2}$. Требование VV^T=1 может достигаться для $L \geq (N+1)^2$ и только аппроксимироваться для $L < (N+1)^2$.

Это приводит к требованию: $\boldsymbol{D}_L^T\,\boldsymbol{D}_L = diag(\boldsymbol{a})^2$, где $\sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$.

В качестве примера, ниже описывается случай с идеальными сферическими позициями (для HOA-порядков N=1 - N=3) (табл. 1-3). Еще ниже описываются идеальные сферические позиции для дополнительных HOA-порядков (N=4 - N=6) (табл. 4-6). Все нижеуказанные позиции извлекаются из модифицированных позиций, опубликованных в [1]. Способ для того, чтобы извлекать эти позиции и связанные квадратурные/кубатурные усиления, опубликован в [2]. В этих таблицах, азимут измеряется против часовой стрелки от фронтального направления, связанного с позицией прослушивания, и наклон измеряется от оси Z, причем наклон 0 находится выше позиции прослушивания.

N=1 позиция

Сферическая позиция $\boldsymbol{\Omega}_l$		$\boldsymbol{q}$
Наклон θ /рад	Азимут ϕ /рад	Квадратурные усиления
0,33983655	3,14159265	3,14159271
1,57079667	0,00000000	3,14159267
2,06167886	1,95839324	3,14159262
2,06167892	-1,95839316	3,14159262

(a):

$\boldsymbol{D}_L$:

0,2500	-0,0000	0,4082	-0,1443
0,2500	0,0000	-0,0000	0,4330
0,2500	0,3536	-0,2041	-0,1443
0,2500	-0,3536	-0,2041	-0,1443

(b):

Табл. 1: a) Сферические позиции виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N=1, и b) результирующая матрица рендеринга для пространственного преобразования (DSHT)

N=2 позиции

Сферическая позиция $\boldsymbol{\Omega}_l$		$\boldsymbol{q}$
Наклон θ /рад	Азимут ϕ /рад	Квадратурные усиления
1,57079633	0,00000000	1,41002219
2,35131567	3,14159265	1,36874571
1,21127801	-1,18149779	1,36874584
1,21127606	1,18149755	1,36874598
1,31812905	-2,45289512	1,41002213
0,00975782	-0,00009218	1,41002214
1,31812792	2,45289621	1,41002230
2,41880319	1,19514740	1,41002223
2,41880555	-1,19514441	1,41002209

(a):

$\boldsymbol{D}_L$:

0,1117	0,0000	0,0067	0,2001	0,0000	-0,0000	-0,0931	-0,0078	0,2235
0,1099	-0,0000	-0,1237	-0,1249	-0,0000	0,0000	0,0486	0,2399	0,0889
0,1099	-0,1523	0,0619	0,0625	-0,1278	-0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1099	0,1523	0,0619	0,0625	0,1278	0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1117	-0,1272	0,0450	-0,1479	0,1938	-0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	-0,0000	0,2001	0,0086	0,0000	-0,0000	0,2402	-0,0040	0,0310
0,1117	0,1272	0,0450	-0,1479	-0,1938	0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	0,1272	-0,1484	0,0436	0,0408	-0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612
0,1117	-0,1272	-0,1484	0,0436	-0,0408	0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612

(b):

Табл. 2: a) Сферические позиции виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N=2, и b) результирующая матрица рендеринга для пространственного преобразования (DSHT)

N=3 позиции

Сферическая позиция Ω_l		q_l
Наклон θ /рад	Азимут ϕ /рад	Квадратурные усиления
0,49220083	0,00000000	0,75567412
1,12054210	-0,87303924	0,75567398
2,52370429	-0,05517088	0,75567401
2,49233024	-2,15479457	0,87457076
1,57082248	0,00000000	0,87457075
2,02713647	1,01643753	0,75567388
1,61486095	-2,60674413	0,75567396
2,02713675	-1,01643766	0,75567398
1,08936018	2,89490077	0,75567412
1,18114721	0,89523032	0,75567399
0,65554353	1,89029902	0,75567382
1,60934762	1,91089719	0,87457082
2,68498672	2,02012831	0,75567392
1,46575084	-1,76455426	0,75567402
0,58248614	-2,22170415	0,87457060
2,00306837	2,81329239	0,75567389

Табл. 3a: Сферические позиции виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N=3

D_L:

0,061457	-0,000075	0,093499	0,050400	-0,000027	0,000060	0,091035	0,098988	0,026750	0,019405	0,001461	0,003133	0,065741	0,124248	0,086602	0,029345
0,061457	-0,073257	0,046432	0,061316	-0,094748	-0,071487	-0,029426	0,059688	-0,016892	-0,055360	-0,097812	-0,010980	-0,082425	-0,007027	-0,048502	-0,080998
0,061457	-0,003584	-0,086661	0,061312	-0,004319	0,006362	0,068273	-0,111895	0,039506	0,008330	0,001142	-0,027428	-0,044323	0,125349	-0,097700	0,021534
0,065628	-0,057573	-0,090918	-0,038050	0,042921	0,102558	0,066570	0,067780	-0,018289	0,008866	-0,087449	-0,104655	-0,011720	-0,061567	0,025778	0,023749
0,065628	-0,000000	-0,000003	0,114142	-0,000000	0,000000	-0,073690	-0,000007	0,127634	0,002742	0,000000	0,010620	0,012464	-0,093807	0,009642	0,121106
0,061457	0,081011	-0,046687	0,050396	0,085735	-0,079893	-0,028706	-0,049469	-0,042390	0,016897	-0,101358	0,003784	0,101201	-0,012537	0,040833	-0,076613
0,061457	-0,054202	-0,004471	-0,091238	0,104013	0,005102	-0,068089	0,008829	0,056943	-0,149185	0,004553	0,050065	0,007556	0,060425	-0,003395	-0,002394
0,061457	-0,080936	-0,046816	0,050396	-0,085707	0,079834	-0,028795	-0,049516	-0,042442	-0,030388	0,099898	0,015986	0,082103	-0,014540	0,065488	-0,078162
0,061457	0,023227	0,049179	-0,091237	-0,044356	0,023858	-0,024641	-0,094498	0,082023	0,072649	-0,042376	-0,007211	-0,082403	0,008618	0,112746	-0,042512
0,061457	0,076842	0,040224	0,061316	0,099067	0,065125	-0,038969	0,052207	-0,022402	0,028674	0,096668	-0,032684	-0,098253	-0,008594	-0,028068	-0,082210
0,061457	0,061293	0,084298	-0,020472	-0,026210	0,108838	0,060891	-0,036183	-0,035381	-0,026726	-0,058661	0,111083	0,035312	-0,053574	-0,087737	0,014123
0,065628	0,107524	-0,004399	-0,038047	-0,080156	-0,009268	-0,073361	0,003280	-0,099081	-0,064714	0,014164	-0,085660	-0,004839	0,038775	0,016889	0,101473
0,061457	0,042357	-0,095230	-0,020477	-0,018235	-0,084766	0,096995	0,040799	-0,014532	-0,025100	0,058531	0,110659	-0,076710	-0,053780	0,056883	0,013978
0,061457	-0,103651	0,010933	-0,020474	0,044445	-0,024073	-0,066259	-0,004608	-0,108789	0,127480	0,000140	0,071265	-0,019816	0,026559	-0,016573	0,076201

0,065628	-0,049951	0,095320	-0,038045	0,037235	-0,093290	0,080481	-0,071053	-0,010264	-0,018490	0,073275	-0,097597	0,032029	-0,080959	-0,030699	0,008722
0,061457	0,030975	-0,044701	-0,091239	-0,059658	-0,028961	-0,032307	0,085658	0,077606	0,084920	0,037824	-0,010382	0,084083	0,002412	-0,102187	-0,047341

b)

Табл. 3b: результирующая матрица рендеринга для пространственного преобразования (DSHT)

Термин "численная квадратура" зачастую сокращается до квадратуры и является полным синонимом для "численного интегрирования", в частности, при применении к одномерным интегралам. Численное интегрирование более чем по одному измерению называется "кубатурой" в данном документе.

Типичные сценарии применения для того, чтобы применять DRC-усиления к HOA-сигналам, показаны на фиг. 5, как описано выше. Для вариантов применения со смешанным контентом, таких как например, HOA плюс аудиообъекты, применение DRC-усиления может быть реализовано, по меньшей мере, двумя способами для гибкого рендеринга.

Фиг. 6 примерно показывает обработку сжатия динамического диапазона (DRC) на стороне декодера. На фиг. 6a, DRC применяется перед рендерингом и сведением. На фиг. 6b, DRC применяется к сигналам громкоговорителей, т.е. после рендеринга и сведения.

На фиг. 6a, DRC-усиления применяются к аудиообъектам и HOA отдельно: DRC-усиления применяются к аудиообъектам в DRC-блоке 610 аудиообъектов, и DRC-усиления применяются к HOA в DRC-блоке 615 HOA. Здесь, реализация DRC-блока 615 HOA блока совпадает с одной из реализаций на фиг. 5. На фиг. 6b, одно усиление применяется ко всем каналам смешанного сигнала из сигнала подвергнутой рендерингу HOA и подвергнутого рендерингу аудиообъекта. Здесь пространственный акцент и ослабление невозможны. Связанное DRC-усиление не может создаваться посредством анализа суммирующего сигнала подвергнутого рендерингу сведения, поскольку схема размещения динамиков клиентского веб-узла не известна во время создания на веб-узле широковещательной передачи или создания контента. DRC-усиление может извлекаться посредством анализа $\boldsymbol{y}_m \epsilon \mathbb{R}^{1x\tau}$, где $\boldsymbol{y}_m$ является сведением HOA-сигнала $\boldsymbol{b}_w$ нулевого порядка и мононизведения S аудиообъектов $\boldsymbol{x}_s$: $\boldsymbol{y}_m = \boldsymbol{b}_o + \sum_{s=1}^{S} \boldsymbol{x}_s$.

Далее описывается более подробная информация раскрытого решения.

DRC для HOA-контента

DRC применяется к HOA-сигналу перед рендерингом или может комбинироваться с рендерингом. DRC для HOA может применяться во временной области или в области QMF-гребенки фильтров.

Для DRC во временной области, DRC-декодер предоставляет $(N+1)^2$ значений $\boldsymbol{g}_{drc} = \left[g_1, \cdots, g_{(N+1)^2}\right]^T$ усиления согласно числу каналов HOA-коэффициентов HOA-сигнала с. N является HOA-порядком.

DRC-усиления применяются к HOA-сигналам согласно следующему:

$$\boldsymbol{c}_{drc} = \boldsymbol{D}_L^{-1} diag(\boldsymbol{g}_{drc}) \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{c},$$

где c является вектором одной временной выборки HOA-коэффициентов ($\boldsymbol{c} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 x\, 1}$), и $\boldsymbol{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 x\, (N+1)^2}$ и ее инверсия $\boldsymbol{D}_L^{-1}$ являются матрицами, связанными

с дискретным преобразованием сферических гармоник (DSHT), оптимизированным для целей DRC. В одном варианте осуществления, для снижения вычислительной нагрузки посредством $(N+1)^4$ операций в расчете на выборку, может быть преимущественным включать этап рендеринга и вычислять сигналы громкоговорителей непосредственно следующим образом: $\boldsymbol{w}_{drc} = \left(\boldsymbol{D}\,\boldsymbol{D}_L^{-1}\right)\,\left(diag(\boldsymbol{g}_{drc})\boldsymbol{D}_L\right)\,\boldsymbol{c}$, где $\boldsymbol{D}$ является матрицей рендеринга, и $\left(\boldsymbol{D}\,\boldsymbol{D}_L^{-1}\right)$ может предварительно вычисляться.

Если все усиления $\mathbf{g}_1,..,\mathbf{g}_{(N+1)^2}$ имеют идентичное значение $\mathbf{g}_{\mathbf{drc}}$, как показано в упрощенном режиме, одна группа усилений использована для того, чтобы передавать DRC-усиления кодера. Этот случай может быть помечен посредством DRC-декодера, поскольку в этом случае вычисление в пространственном фильтре не требуется, так что вычисление упрощается до: $\mathbf{c}_{\mathrm{drc}} = \mathrm{g}_{\mathrm{drc}}\,\mathbf{c}$.

Выше описывается то, как получать и применять значения DRC-усиления. Далее описывается вычисление DSHT-матриц для DRC.

Далее, D_L переименована в D_{DSHT}. Матрицы для того, чтобы определять пространственный фильтр $\boldsymbol{D}_{DSHT}$ и его инверсию $\boldsymbol{D}_{DSHT}^{-1}$, вычисляются следующим образом. Набор сферических позиций $\mathfrak{O}_{DSHT} = [\,\boldsymbol{\Omega}_1, \boldsymbol{\Omega}_1, \ldots, \boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2}]$ с $\boldsymbol{\Omega}_l = [\theta_l, \phi_l]^T$ и связанными квадратурными (кубатурными) усилениями $\boldsymbol{q} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$ выбирается, с индексацией посредством HOA-порядка N из таблиц 1-4. Матрица $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ мод, связанная с этими позициями, вычисляется так, как описано выше. Иными словами, матрица $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ мод содержит векторы мод согласно $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l),\ \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2})]$, где каждый $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l)$ является вектором мод, который содержит сферические гармоники предварительно заданного направления $\boldsymbol{\Omega}_l$ с $\boldsymbol{\Omega}_l = [\theta_l, \phi_l]^T$. Предварительно заданное направление зависит от HOA-порядка N, согласно табл. 1-6 (примерно для 1<N<6). Первая прототипная матрица вычисляется следующим образом: $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}{}^T}{(N+1)^2}$ (деление на $(N+1)^2$ может пропускаться вследствие последующей нормализации). Компактное разложение по сингулярным значениям выполняется, $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T$, и новая прототипная матрица вычисляются следующим образом: $\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$. Эта матрица нормализуется следующим образом: $\tilde{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2}{\left\|\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$. Вектор-строка $\boldsymbol{e}$ вычисляется следующим образом:

$\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T\tilde{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$, где $[1,0,0,..,0]$ является вектором-строкой из $(N+1)^2$ всех нулевых элементов за исключением первого элемента со значением в единицу. $\mathbf{1}_L^T\tilde{\boldsymbol{D}}_2$ обозначает сумму строк $\tilde{\boldsymbol{D}}_2$. Оптимизированная DSHT-матрица $\boldsymbol{D}_{DSHT}$ теперь извлекается следующим

образом: $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \breve{\boldsymbol{D}}_2 + [\,\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$. Обнаружено, что, если $-\boldsymbol{e}$ используется вместо $\boldsymbol{e}$, изобретение предоставляет немного худшие, но все еще применимые результаты.

Для DRC в области QMF-гребенки фильтров, следующее применимо.

DRC-декодер предоставляет значение $g_{ch}(n,m)$ усиления для каждого частотно-временного мозаичного фрагмента n,m для $(N+1)^2$ пространственных каналов. Усиления для временного кванта n и полосы m частот размещаются в $\boldsymbol{g}(n,m) \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$.

Многополосное DRC применяется в области QMF-гребенки фильтров. Этапы обработки показаны на фиг. 7. Восстановленный HOA-сигнал преобразуется в пространственную область посредством (обратного DSHT): $\boldsymbol{W}_{DSHT} = \boldsymbol{D}_{DSHT}\boldsymbol{C}$, где $\boldsymbol{C} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ является блоком в τ HOA-выборок, и $\boldsymbol{W}_{DSHT} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ является блоком пространственных выборок, совпадающих с входной степенью временной детализации QMF-гребенки фильтров. После этого применяется QMF-гребенка аналитических фильтров. Пусть $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m) \in \mathbb{C}^{(N+1)^2 \times 1}$ обозначает вектор пространственных каналов в расчете на частотно-временной мозаичный фрагмент (n,m). Далее DRC-усиления применяются: $\breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m) = diag(\boldsymbol{g}(n,m))\,\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$. Чтобы минимизировать вычислительную сложность, DSHT и рендеринг в каналы громкоговорителей комбинируются: $\boldsymbol{w}(n,m) = \boldsymbol{D}\,\boldsymbol{D}_{DSHT}^{-1}\,\breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m)$, где D обозначает матрицу HOA-рендеринга. QMF-сигналы затем могут подаваться в микшер для последующей обработки.

Фиг. 7 показывает DRC для HOA в QMF-области, комбинированное с этапом рендеринга.

Если использована только одна группа усилений для DRC, это должно быть помечено посредством DRC-декодера, поскольку снова возможны вычислительные упрощения. В этом случае, усиления в векторе $\boldsymbol{g}(n,m)$ совместно используют идентичное значение $g_{DRC}(n,m)$. QMF-гребенка фильтров может непосредственно применяться к HOA-сигналу, и усиление $g_{DRC}(n,m)$ может умножаться в области гребенки фильтров.

Фиг. 8 показывает DRC для HOA в QMF-области (области фильтрации квадратурного зеркального фильтра), комбинированное с этапом рендеринга, с вычислительными упрощениями для простого случая одной группы DRC-усилений.

Очевидно, что с учетом вышеизложенного, в одном варианте осуществления, изобретение относится к способу для применения коэффициентов усиления при сжатии динамического диапазона к HOA-сигналу, при этом способ содержит этапы приема HOA-сигнала и одного или более коэффициентов усиления, преобразования (40) HOA-сигнала в пространственную область, при этом iDSHT используется с матрицей преобразования, полученной из сферических позиций виртуальных громкоговорителей и квадратурных усилений q, и при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область, представляющую собой область коэффициентов, и

использования дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT), при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона. Дополнительно, матрица преобразования вычисляется согласно $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \tilde{\boldsymbol{D}}_2 + [\,\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$, при этом $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\tilde{\boldsymbol{D}}_2}{\left\|\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ является нормализованной версией $\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$, причем U, V получаются из $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$, где $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ является транспонированной матрицей мод сферических гармоник, связанных с используемыми сферическими позициями виртуальных громкоговорителей, и $\boldsymbol{e}^T$ является транспонированной версией $\boldsymbol{e} = -\frac{1_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, изобретение относится к устройству для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, причем устройство содержит процессор либо один или более элементов обработки, выполненных с возможностью приема HOA-сигнала и одного или более коэффициентов усиления, преобразования (40) HOA-сигнала в пространственную область, при этом iDSHT используется с матрицей преобразования, полученной из сферических позиций виртуальных громкоговорителей и квадратурных усилений q, и при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область, представляющую собой область коэффициентов, и использования дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT), при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона. Дополнительно, матрица преобразования вычисляется согласно $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \tilde{\boldsymbol{D}}_2 + [\,\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$, при этом $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\tilde{\boldsymbol{D}}_2}{\left\|\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ является нормализованной версией $\hat{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$, причем U, V получаются из $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$, где $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ является транспонированной матрицей мод сферических гармоник, связанных с используемыми сферическими позициями виртуальных громкоговорителей, и $\boldsymbol{e}^T$ является транспонированной версией $\boldsymbol{e} = -\frac{1_L^T \breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, изобретение относится к машиночитаемому носителю хранения данных, имеющему машиноисполняемые инструкции, которые при выполнении на компьютере, предписывают компьютеру осуществлять способ для применения коэффициентов усиления при сжатии динамического диапазона к сигналу на основе амбиофонии высшего порядка (HOA), при этом способ содержит этапы приема HOA-сигнала и одного или более коэффициентов усиления, преобразования (40) HOA-сигнала в пространственную область, при этом iDSHT используется с матрицей преобразования, полученной из сферических позиций виртуальных громкоговорителей и квадратурных усилений q, и при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления

на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область, представляющую собой область коэффициентов, и использования дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT), при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона. Дополнительно, матрица преобразования вычисляется согласно $\boldsymbol{D}_{DSHT} = \tilde{\boldsymbol{D}}_2 + [\,\boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, \boldsymbol{e}^T, ..]^T$, при этом $\breve{\boldsymbol{D}}_2 = \frac{\tilde{\boldsymbol{D}}_2}{\left\|\tilde{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2\right\|_{fro}}$ является нормализованной версией $\tilde{\tilde{\boldsymbol{D}}}_2 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{V}^T$, причем U, V получаются из $\tilde{\boldsymbol{D}}_1 = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^T = diag(\boldsymbol{q})\frac{\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}}{(N+1)^2}$, где $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ является транспонированной матрицей мод сферических гармоник, связанных с используемыми сферическими позициями виртуальных громкоговорителей, и $\boldsymbol{e}^T$ является транспонированной версией $\boldsymbol{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T\breve{\boldsymbol{D}}_2 - [1,0,0,..,0]}{(N+1)^2}$.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, изобретение относится к способу для выполнения DRC для HOA-сигнала, при этом способ содержит этапы задания или определения режима, причем режим представляет собой упрощенный режим или неупрощенный режим, в неупрощенном режиме, преобразования HOA-сигнала в пространственную область, при этом используется обратное DSHT, в неупрощенном режиме, анализа преобразованного HOA-сигнала и, в упрощенном режиме, анализа HOA-сигнала, получения, из результатов упомянутого анализа, одного или более коэффициентов усиления, которые являются применимыми для сжатия динамического диапазона, при этом только один коэффициент усиления получается в упрощенном режиме, и при этом два или более различных коэффициентов усиления получаются в неупрощенном режиме, в упрощенном режиме, умножения полученного коэффициента усиления на HOA-сигнал, при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления, в неупрощенном режиме, умножения полученных коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием усиления, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием усиления обратно в HOA-область, при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления.

В одном варианте осуществления, способ дополнительно содержит этапы приема индикатора, указывающего упрощенный режим или неупрощенный режим, выбора неупрощенного режима, если упомянутый индикатор указывает неупрощенный режим, и выбора упрощенного режима, если упомянутый индикатор указывает упрощенный режим, при этом этапы преобразования HOA-сигнала в пространственную область и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область выполняются только в неупрощенном режиме, и при этом в упрощенном режиме только один коэффициент усиления умножается на HOA-сигнал.

В одном варианте осуществления, способ дополнительно содержит этапы, в упрощенном режиме, анализа HOA-сигнала и, в неупрощенном режиме, анализа преобразованного HOA-сигнала, затем получения, из результатов упомянутого анализа, одного или более коэффициентов усиления, которые являются применимыми для сжатия динамического диапазона, при этом в неупрощенном режиме получаются два или более различных коэффициентов усиления, а в упрощенном режиме получается только один коэффициент усиления, при этом в упрощенном режиме HOA-сигнал со сжатием усиления получается посредством упомянутого умножения полученного коэффициента усиления

на HOA-сигнал, и при этом в неупрощенном режиме упомянутый преобразованный HOA-сигнал со сжатием усиления получается посредством умножения полученных двух или более коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, и при этом в неупрощенном режиме упомянутое преобразование HOA-сигнала в пространственную область использует обратное DSHT.

В одном варианте осуществления, HOA-сигнал разделяется на подполосы частот, и коэффициент(ы) усиления получаются и применяются к каждой подполосе частот отдельно, с отдельными усилениями в расчете на каждую подполосу частот. В одном варианте осуществления, этапы анализа HOA-сигнала (или преобразованного HOA-сигнала), получения одного или более коэффициентов усиления, умножения полученного коэффициента(ов) усиления на HOA-сигнал (или преобразованный HOA-сигнал) и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием усиления обратно в HOA-область применяются к каждой подполосе частот отдельно, с отдельными усилениями в расчете на каждую подполосу частот. Следует отметить, что последовательный порядок разделения HOA-сигнала на подполосы частот и преобразования HOA-сигнала в пространственную область может переставляться, и/или последовательный порядок синтезирования подполос частот и преобразования преобразованных HOA-сигналов со сжатием усиления обратно в HOA-область может переставляться, независимо друг от друга.

В одном варианте осуществления, способ дополнительно содержит, перед этапом умножения коэффициентов усиления, этап передачи преобразованного HOA-сигнала вместе с полученными коэффициентами усиления и числом этих коэффициентов усиления.

В одном варианте осуществления, матрица преобразования вычисляется из матрицы $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ мод и соответствующих квадратурных усилений, при этом матрица $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT}$ мод содержит векторы мод согласно $\boldsymbol{\Psi}_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \dots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l),\ \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2})]$, где каждый $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_l)$ является вектором мод, содержащим сферические гармоники предварительно заданного направления $\boldsymbol{\Omega}_l$ с $\boldsymbol{\Omega}_l = [\theta_l, \phi_l]^T$. Предварительно заданное направление зависит от HOA-порядка N.

В одном варианте осуществления, HOA-сигнал B преобразуется в пространственную область, чтобы получать преобразованный HOA-сигнал $\boldsymbol{W}_{DSHT}$, и преобразованный HOA-сигнал $\boldsymbol{W}_{DSHT}$ умножается на значения $diag(\boldsymbol{g})$ усиления повыборочно (для каждой выборки) согласно $\boldsymbol{W}_{DSHT} = diag(\boldsymbol{g})\ \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{B}$, и способ содержит дополнительный этап преобразования преобразованного HOA-сигнала в другую вторую пространственную область согласно $\boldsymbol{W}_2 = \hat{\boldsymbol{D}}\ \boldsymbol{W}_{DSHT}$, где $\hat{\boldsymbol{D}}$ предварительно вычисляется в фазе инициализации согласно $\hat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{D}\ \boldsymbol{D}_L^{-1}$, и где D является матрицей рендеринга, которая преобразует HOA-сигнал в другую вторую пространственную область.

В одном варианте осуществления, по меньшей мере, если $(N+1)^2 < \tau$, где N является HOA-порядком, и τ является размером DRC-блока, способ дополнительно содержит этапы преобразования (53) вектора усиления в HOA-область согласно $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\ diag(\boldsymbol{g})\ \boldsymbol{D}_L$, где G является матрицей усилений, и DL является DSHT-матрицей, задающей упомянутое DSHT, и применения матрицы G усилений к HOA-коэффициентам

HOA-сигнала B согласно $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, при этом получается HOA-сигнал $\boldsymbol{B}_{DRC}$ с DRC-сжатием.

В одном варианте осуществления, по меньшей мере, если $L < \tau$, где L является числом выходных каналов, и τ является размером DRC-блока, способ дополнительно содержит этапы применения матрицы G усилений к матрице D модуля рендеринга согласно $\widehat{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{DG}$, при этом получается матрица $\widehat{\boldsymbol{D}}$ модуля рендеринга со сжатием динамического диапазона, и рендеринга HOA-сигнала с помощью матрицы модуля рендеринга со сжатием динамического диапазона.

В одном варианте осуществления, изобретение относится к способу для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, при этом способ содержит этапы приема HOA-сигнала вместе с индикатором и одним или более коэффициентов усиления, причем индикатор указывает упрощенный режим или неупрощенный режим, при этом принимается только один коэффициент усиления, если индикатор указывает упрощенный режим, выбора упрощенного режима или неупрощенного режима согласно упомянутому индикатору, в упрощенном режиме, умножения коэффициента усиления на HOA-сигнал, при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и в неупрощенном режиме, преобразования HOA-сигнала в пространственную область, при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления на преобразованные HOA-сигналы, при этом получаются преобразованные HOA-сигналы со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованных HOA-сигналов со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область, при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, изобретение относится к устройству для выполнения DRC для HOA-сигнала, причем устройство содержит процессор либо один или более элементов обработки, выполненных с возможностью задания или определения режима, причем режим представляет собой упрощенный режим или неупрощенный режим, в неупрощенном режиме, преобразования HOA-сигнала в пространственную область, при этом используется обратное DSHT, в неупрощенном режиме, анализа преобразованного HOA-сигнала, тогда как в упрощенном режиме, анализа HOA-сигнала, получения, из результатов упомянутого анализа, одного или более коэффициентов усиления, которые являются применимыми для сжатия динамического диапазона, при этом только один коэффициент усиления получается в упрощенном режиме, и при этом два или более различных коэффициентов усиления получаются в неупрощенном режиме, в упрощенном режиме, умножения полученного коэффициента усиления на HOA-сигнал, при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления, и в неупрощенном режиме, умножения полученных коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием усиления, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием усиления обратно в HOA-область, при этом получается HOA-сигнал со сжатием усиления.

В одном варианте осуществления только для неупрощенного режима, устройство для выполнения DRC для HOA-сигнала содержит процессор либо один или более элементов обработки, выполненных с возможностью преобразования HOA-сигнала в пространственную область, анализа преобразованного HOA-сигнала, получения, из результатов упомянутого анализа, коэффициентов усиления, которые являются

применимыми для сжатия динамического диапазона, умножения полученных коэффициентов на преобразованные HOA-сигналы, при этом получаются преобразованные HOA-сигналы со сжатием усиления, и преобразования преобразованных HOA-сигналов со сжатием усиления обратно в HOA-область, при этом получаются HOA-сигналы со сжатием усиления. В одном варианте осуществления, устройство дополнительно содержит передающий модуль для передачи, перед умножением полученного коэффициента усиления или коэффициентов усиления, HOA-сигнала вместе с полученным коэффициентом усиления или коэффициентами усиления.

Также здесь следует отметить, что последовательный порядок разделения HOA-сигнала на подполосы частот и преобразования HOA-сигнала в пространственную область может переставляться, и последовательный порядок синтезирования подполос частот и преобразования преобразованных HOA-сигналов со сжатием усиления обратно в HOA-область может переставляться, независимо друг от друга.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, изобретение относится к устройству для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, причем устройство содержит процессор либо один или более элементов обработки, выполненных с возможностью приема HOA-сигнала вместе с индикатором и одним или более коэффициентов усиления, причем индикатор указывает упрощенный режим или неупрощенный режим, при этом принимается только один коэффициент усиления, если индикатор указывает упрощенный режим, задания устройства в упрощенный режим или в неупрощенный режим, согласно упомянутому индикатору, в упрощенном режиме, умножения коэффициента усиления на HOA-сигнал, при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона; и в неупрощенном режиме, преобразования HOA-сигнала в пространственную область, при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления на преобразованные HOA-сигналы, при этом получаются преобразованные HOA-сигналы со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованных HOA-сигналов со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область, при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона.

В одном варианте осуществления, устройство дополнительно содержит передающий модуль для передачи, перед умножением полученных коэффициентов, HOA-сигналов вместе с полученными коэффициентами усиления. В одном варианте осуществления, HOA-сигнал разделяется на подполосы частот, и анализ преобразованного HOA-сигнала, получение коэффициентов усиления, умножение полученных коэффициентов на преобразованные HOA-сигналы и преобразование преобразованных HOA-сигналов со сжатием усиления обратно в HOA-область применяются к каждой подполосе частот отдельно, с отдельными усилениями в расчете на каждую подполосу частот.

В одном варианте осуществления устройства для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, HOA-сигнал разделяется на множество подполос частот, и получение одного или более коэффициентов усиления, умножение полученных коэффициентов усиления на HOA-сигналы или преобразованные HOA-сигналы и, в неупрощенном режиме, преобразование преобразованных HOA-сигналов со сжатием усиления обратно в HOA-область применяются к каждой подполосе частот отдельно, с отдельными усилениями в расчете на каждую подполосу частот.

Дополнительно, в одном варианте осуществления, в котором используется только неупрощенный режим, изобретение относится к устройству для применения коэффициентов DRC-усиления к HOA-сигналу, причем устройство содержит процессор либо один или более элементов обработки, выполненных с возможностью приема HOA-

сигнала вместе с коэффициентами усиления, преобразования HOA-сигнала в пространственную область (с использованием iDSHT), при этом получается преобразованный HOA-сигнал, умножения коэффициентов усиления на преобразованный HOA-сигнал, при этом получается преобразованный HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона, и преобразования преобразованного HOA-сигнала со сжатием динамического диапазона обратно в HOA-область (т.е. в область коэффициентов) (с использованием DSHT), при этом получается HOA-сигнал со сжатием динамического диапазона.

Следующие таблицы табл. 4-6 перечисляют сферические позиции виртуальных громкоговорителей для HOA порядка N с N=4, 5 или 6.

Хотя показаны, описаны и указаны фундаментальные новейшие признаки настоящего изобретения, которые применяются к его предпочтительным вариантам осуществления, следует понимать, что различные опускания и подстановки, и изменения в описанных устройстве и способе, по форме и подробностям раскрытых устройств и в их работе, могут вноситься специалистами в данной области техники без отступления от сущности настоящего изобретения. Явно подразумевается, что все комбинации этих элементов, которые выполняют, по существу, идентичную функцию, по существу, идентичным способом, с тем чтобы достигать идентичных результатов, находятся в пределах объема изобретения. Подстановки элементов из одного описанного варианта осуществления в другой также полностью подразумеваются и рассматриваются.

Следует понимать, что настоящее изобретение описано просто в качестве примера, и модификации подробностей могут осуществляться без отступления объема изобретения. Каждый признак, раскрытый в описании и (при необходимости) в формуле изобретения и на чертежах, может предоставляться независимо или в любой подходящей комбинации. При необходимости, признаки могут реализовываться в аппаратных средствах, программном обеспечении или в комбинации означенного.

Библиографический список

[1] "Integration nodes for the sphere", Jörg Fliege 2010, доступен с 2010-10-05 по адресу http://www.mathematik.uni-dortmund.de/lsx/research/projects/fliege/nodes/nodes.html

[2] "A two-stage approach for computing cubature formulae for the sphere", Jörg Fliege and Ulrike Maier, Technical report, Fachbereich Mathematik, Universität Dortmund, 1999 год

N=4 Положения

Наклон/рад	Азимут/рад	Усиление g
1.57079633	0.00000000	0.52689274
2.39401407	0.00000000	0.48518011
1.14059283	-1.75618245	0.52688432
1.33721851	0.69215601	0.47027816
1.72512898	-1.33340585	0.48037442
1.17406779	-0.79850952	0.51130478
0.69042674	1.07623171	0.50662254
1.47478735	1.43953896	0.52158458
1.67073876	2.25235428	0.52835300
2.52745842	-1.33179653	0.52388165
1.81037110	3.05783641	0.49800736
1.91827560	-2.03351312	0.48516540
0.27992161	2.55302196	0.50663531
0.47981675	-1.18580204	0.50824199
2.37644317	2.52383590	0.45807408
0.98508365	2.03459671	0.47260252

2.18924206	1.58232601	0.49801422
1.49441825	-2.58932194	0.51745117
2.04428895	0.76615262	0.51744164
2.43923726	-2.63989327	0.52146074
1.10308418	2.88498471	0.52158484
0.78489181	-2.54224201	0.47027748
2.96802845	1.25258904	0.52145388
1.91816652	-0.63874484	0.48036020
0.80829458	-0.00991977	0.50824345

Таблица 4: Сферические положения виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N=4

N=5 Положения

Наклон/рад	Азимут/рад	Усиление q
1.57079633	0.00000000	0.34493574
2.68749293	3.14159265	0.35131373
1.92461621	-1.22481468	0.35358151
1.95917092	3.06534485	0.36442231
2.18883411	0.08893301	0.36437350
0.35664531	-2.15475973	0.33953855
1.32915731	-1.05408340	0.35358417
2.21829206	2.45308518	0.33534647
1.00903070	2.31872053	0.34739607
0.99455136	-2.29370294	0.36437101
1.13601102	-0.46303195	0.33534542
0.41863640	0.63541391	0.35131934
1.78596913	-0.56826765	0.34739591
0.56658255	-0.66284593	0.36441956
2.25292410	0.89044754	0.36437098
2.67263757	-1.71236120	0.36442208
0.86753981	-1.50749854	0.34068122
1.38158330	1.72190554	0.35358401
0.98578154	0.23428465	0.35131950
1.45079827	-1.69748851	0.34739437
2.09223697	-1.85025366	0.33534659
2.62854417	1.70110685	0.34494256
1.44817433	-2.83400771	0.33953463
2.37827410	-0.72817212	0.34068529
0.82285875	1.51124182	0.33534531
0.40679748	2.38217051	0.34493552
0.84332549	-3.07860398	0.36437337
1.38947809	2.83246237	0.34068522
1.61795773	-2.27837285	0.34494274
2.17389505	-2.58540735	0.35131361
1.65172710	2.28105193	0.35358166
1.67862104	0.57097606	0.33953819
2.02514031	1.70739195	0.34739443
1.12965858	0.89802542	0.36442004
2.82979093	0.17840931	0.33953488
1.67550339	1.18664952	0.34068114

Таблица 5: Сферические положения виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N= 5

N=6 Положения

Наклон/рад	Азимут/рад	Усиление q
1.57079633	0.00000000	0.23821170
2.42144792	0.00000000	0.23821175
0.32919895	2.78993083	0.26169552
1.06225899	1.49243160	0.25534085
1.06225899	1.49243160	0.25534085
1.01526896	-2.16495206	0.25092628
1.10570423	-1.59180661	0.25099550
1.47319543	1.14258135	0.26160776
2.15414541	1.88359269	0.24442720
0.20805372	-0.52863458	0.25487678
0.50141101	-2.11057110	0.25619096
1.98041218	0.28912378	0.26288225
0.83752075	-2.81667891	0.25837996
2.44130228	0.81495962	0.26772416
1.21539727	-1.00788022	0.25534092
2.62944184	-1.58354086	0.26437874
1.86884674	-2.40686906	0.25619091
0.68705554	-1.20612227	0.25576026
1.52325470	-1.98940871	0.26169551
2.39097364	-2.37336381	0.25576025
0.98667678	0.86446728	0.26014219
2.27078506	-3.06771779	0.25099551
2.33605400	2.51674567	0.26455002
1.29371004	2.03656562	0.25576032
0.86334494	2.77720222	0.25092620
1.94118355	-0.37820559	0.26772409
2.10323413	-1.28283816	0.24442725
1.87416330	0.80785741	0.23821179
1.63423157	1.65277986	0.26437876
2.06477636	1.31341296	0.25595469
0.82305807	-0.47771423	0.26437883
2.04154780	-1.85106655	0.25487677
0.61285067	0.33640173	0.24442716
1.08029340	0.10986230	0.25595472
1.60164764	-1.43535015	0.26455000
2.66513701	1.69643796	0.26014228
1.35887781	-2.58083733	0.25838000
1.78658555	2.25563014	0.25487674
1.83333508	2.80487382	0.26169549
0.78406009	2.08860099	0.25099560
2.94031615	-0.07888534	0.26160780
1.34658213	2.57400947	0.25619094
1.73906669	-0.87744928	0.26014223
0.50210739	1.33550547	0.26455007
2.38040297	-0.75104092	0.25595462
1.41826790	0.54845193	0.26772418
1.77904107	-2.93136138	0.25092628
1.35746628	-0.47759398	0.26160765
1.31545731	3.12752832	0.25838016
2.81487011	-3.12843671	0.25534100

таблица 6: Сферические положения виртуальных громкоговорителей для HOA-порядка N= 6.

(57) Формула изобретения

1. Способ сжатия динамического диапазона (DRC), содержащий этапы, на которых:

применяют DRC в области гребенки фильтров квадратурного зеркального фильтра (QMF);

принимают представление аудиосигнала на основе амбиофонии высшего порядка (HOA) и коэффициент усиления $\boldsymbol{g}(n,m)$, соответствующий частотно-временному мозаичному фрагменту (n, m);

применяют коэффициент усиления и матрицу дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT) к представлению аудиосигнала на основе HOA;

причем значение усиления применяют на основе $\breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m) = diag(\boldsymbol{g}(n,m))\,\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$, причем $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ представляет собой вектор пространственных каналов для частотно-временного мозаичного фрагмента (n, m); и при этом вектор $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ определяют на основе применения матрицы DSHT к представлению аудиосигнала на основе HOA.

2. Способ по п.1, в котором представление аудиосигнала на основе HOA разделяют на подполосы частот, и коэффициент усиления применяется к каждой подполосе частот отдельно.

3. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, если $(N+1)^2 < \tau$, где N является HOA-порядком, и τ является размером DRC-блока, способ дополнительно содержит этапы, на которых:

- преобразуют вектор усиления в HOA-область согласно $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\, diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L$, где $\boldsymbol{G}$ является матрицей усилений, и DL является DSHT-матрицей, задающей упомянутое DSHT; и

- применяют матрицу $\boldsymbol{G}$ усилений к HOA-коэффициентам HOA-сигнала $\boldsymbol{B}$ согласно $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, при этом получается HOA-сигнал $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$ с DRC-сжатием.

4. Устройство для сжатия динамического диапазона (DRC), содержащее:

приемник, выполненный с возможностью получения представления аудиосигнала на основе амбиофонии высшего порядка (HOA) и коэффициента усиления $\boldsymbol{g}(n,m)$, соответствующего частотно-временному мозаичному фрагменту (n, m);

аудио декодер, выполненный с возможностью применения DRC в области гребенки фильтров квадратурного зеркального фильтра (QMF) посредством применения коэффициента усиления и матрицы дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT) к представлению аудиосигнала на основе HOA;

причем значение усиления применяют на основе $\breve{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m) = diag(\boldsymbol{g}(n,m))\,\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$, причем $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ представляет собой вектор пространственных каналов для частотно-временного мозаичного фрагмента (n, m); и при этом вектор $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ определяют на основе применения матрицы DSHT к представлению аудиосигнала на основе HOA.

5. Устройство по п.4, в котором представление аудиосигнала на основе HOA разделяют на подполосы частот, и коэффициент усиления применяют к каждой подполосе частот отдельно.

6. Устройство по п.4, в котором, по меньшей мере, если $(N+1)^2 < \tau$, где N является HOA-порядком, и τ является размером DRC-блока, способ дополнительно содержит

этапы, на которых:

- преобразуют вектор усиления в HOA-область согласно $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\, diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L$, где $\boldsymbol{G}$ является матрицей усилений, и DL является DSHT-матрицей, задающей упомянутое DSHT; и

- применяют матрицу $\boldsymbol{G}$ усилений к HOA-коэффициентам HOA-сигнала $\boldsymbol{B}$ согласно $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, при этом получается HOA-сигнал $\boldsymbol{B}_{DRC}$ с DRC-сжатием.

7. Машиночитаемый носитель информации, содержащий исполняемые компьютером команды, которые при исполнении компьютером предписывают компьютеру осуществлять способ сжатия динамического диапазона (DRC), содержащий этапы, на которых:

применяют DRC в области гребенки фильтров квадратурного зеркального фильтра (QMF);

принимают представление аудиосигнала на основе амбиофонии высшего порядка (HOA) и коэффициент усиления $\boldsymbol{g}(n,m)$, соответствующий частотно-временному мозаичному фрагменту (n, m);

применяют коэффициент усиления и матрицу дискретного преобразования сферических гармоник (DSHT) к представлению аудиосигнала на основе HOA;

причем значение усиления применяют на основе $\tilde{\boldsymbol{w}}_{DRC}(n,m) = diag\big(\boldsymbol{g}(n,m)\big)\, \hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$, причем $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ представляет собой вектор пространственных каналов для частотно-временного мозаичного фрагмента (n, m); и при этом вектор $\hat{\boldsymbol{w}}_{DSHT}(n,m)$ определяют на основе применения матрицы DSHT к представлению аудиосигнала на основе HOA.

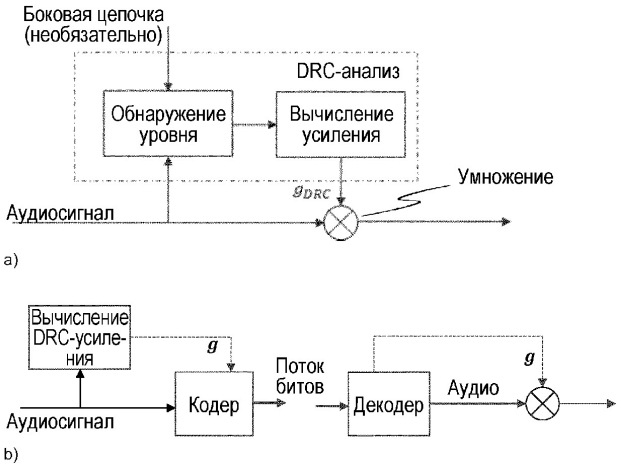
8. Машиночитаемый носитель по п.7, в котором представление аудиосигнала на основе HOA разделяют на подполосы частот, и коэффициент усиления применяют к каждой подполосе частот отдельно.

9. Машиночитаемый носитель по п.7, в котором, по меньшей мере, если $(N+1)^2 < \tau$, где N является HOA-порядком, и τ является размером DRC-блока, способ дополнительно содержит этапы, на которых:

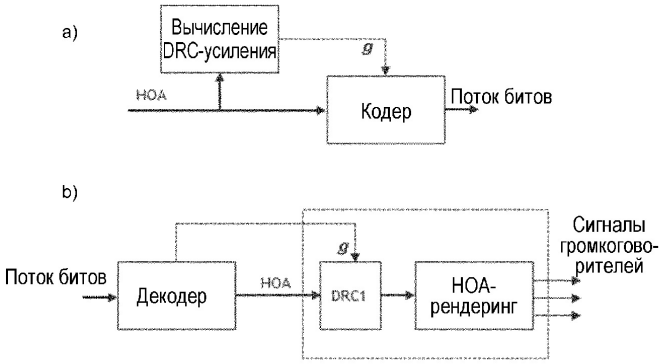
- преобразуют вектор усиления в HOA-область согласно $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\, diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L$, где $\boldsymbol{G}$ является матрицей усилений, и DL является DSHT-матрицей, задающей упомянутое DSHT; и

- применяют матрицу $\boldsymbol{G}$ усилений к HOA-коэффициентам HOA-сигнала $\boldsymbol{B}$ согласно $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, при этом получается HOA-сигнал $\boldsymbol{B}_{DRC}$ с DRC-сжатием.

1

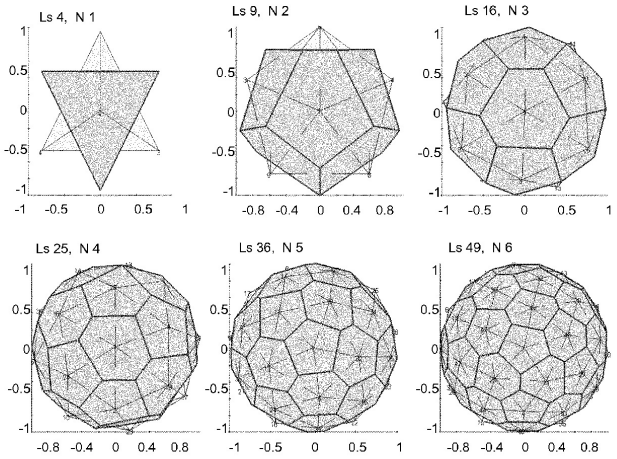

Боковая цепочка
(необязательно)
DRC-анализ
Обнаружение уровня
Вычисление усиления
Умножение
g_{DRC}
Аудиосигнал
a)
Вычисление DRC-усиления
g
Поток битов
Кодер
Декодер
Аудио
Аудиосигнал
b)

ФИГ. 1

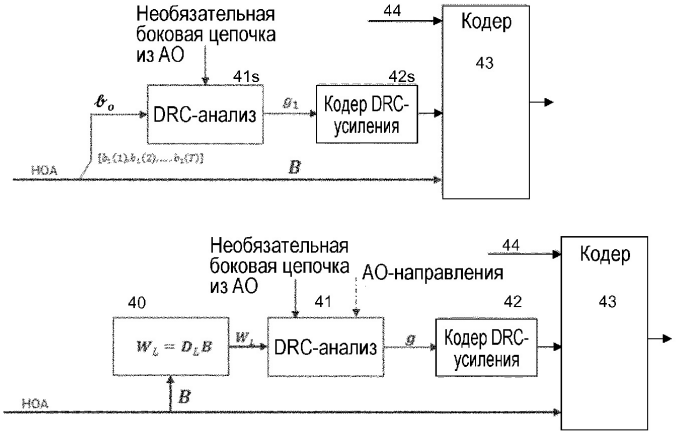

a)
Вычисление DRC-усиления
g
HOA
Кодер
Поток битов
b)
Поток битов
Декодер
HOA
g
DRC1
HOA-рендеринг
Сигналы громкогово-рителей

ФИГ. 2

2

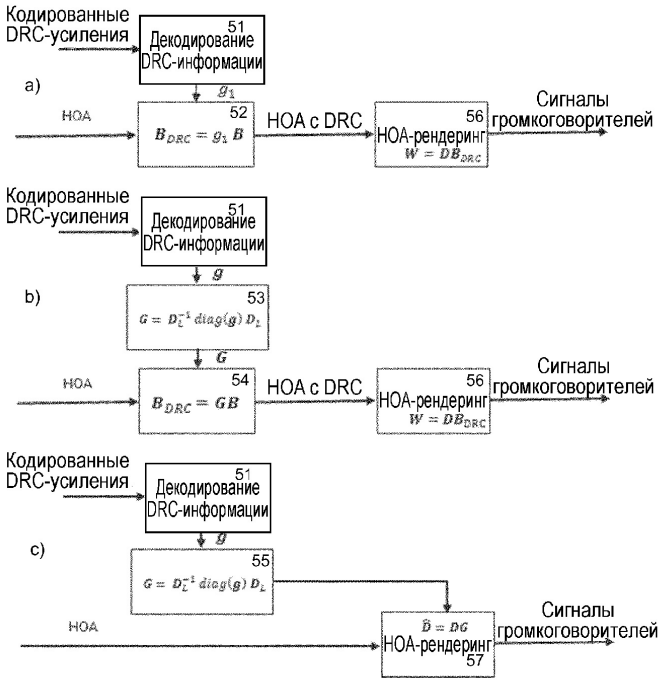

Ls 4, N 1
Ls 9, N 2
Ls 16, N 3
Ls 25, N 4
Ls 36, N 5
Ls 49, N 6

ФИГ. 3


Необязательная боковая цепочка из АО
44
Кодер
43
41s
42s
DRC-анализ
Кодер DRC-усиления
HOA
Необязательная боковая цепочка из АО
АО-направления
40
41
42
DRC-анализ
Кодер DRC-усиления
HOA

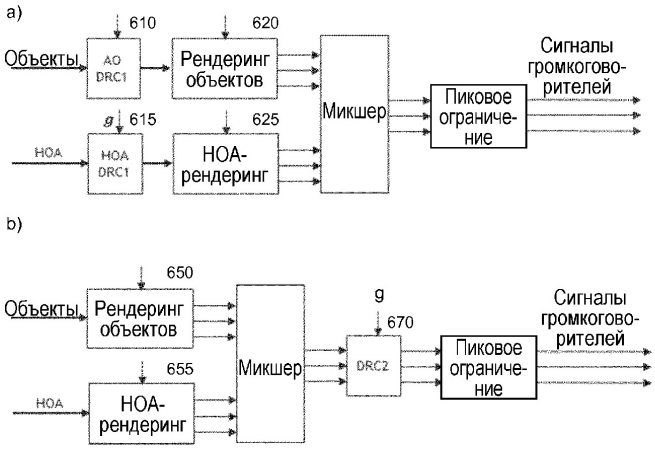
ФИГ. 4

3

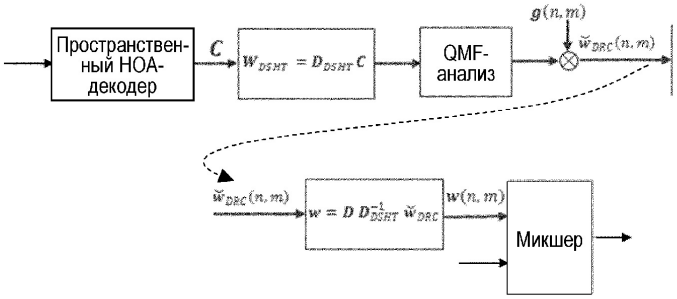

Кодированные DRC-усиления
51
Декодирование DRC-информации
a)
g_1
HOA
52
$B_{DRC} = g_1 B$
HOA с DRC
56
HOA-рендеринг
$W = D\tilde{B}_{DRC}$
Сигналы громкоговорителей
Кодированные DRC-усиления
51
Декодирование DRC-информации
g
b)
53
$G = D_L^{-1}\, diag(g)\, D_L$
G
HOA
54
$B_{DRC} = GB$
HOA с DRC
56
HOA-рендеринг
$W = D\tilde{B}_{DRC}$
Сигналы громкоговорителей
Кодированные DRC-усиления
51
Декодирование DRC-информации
g
c)
55
$G = D_L^{-1}\, diag(g)\, D_L$
HOA
$\tilde{D} = DG$
HOA-рендеринг
57
Сигналы громкоговорителей

ФИГ. 5

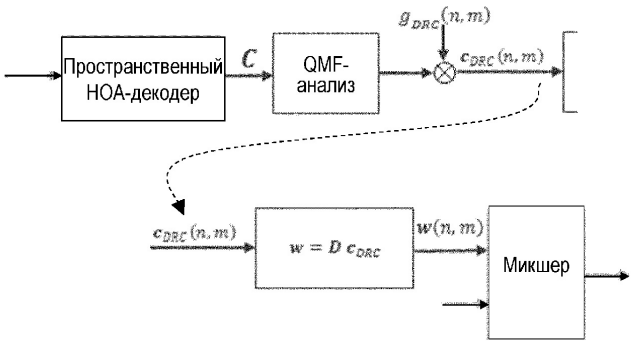
4


a)
610
620
Объекты
AO DRC1
Рендеринг объектов
Микшер
Пиковое ограниче-ние
Сигналы громкогово-рителей
g
615
625
HOA
HOA DRC1
HOA-рендеринг
b)
650
Объекты
Рендеринг объектов
g
670
Сигналы громкогово-рителей
655
Микшер
DRC2
Пиковое ограниче-ние
HOA
HOA-рендеринг

ФИГ. 6


Пространствен-ный HOA-декодер
C
$W_{DSHT} = D_{DSHT} C$
QMF-анализ
$g(n,m)$
$\tilde{w}_{DRC}(n,m)$
$\tilde{w}_{DRC}(n,m)$
$w = D\, D_{DSHT}^{-1}\, \tilde{w}_{DRC}$
$w(n,m)$
Микшер

ФИГ. 7


Пространственный HOA-декодер
C
QMF-анализ
$g_{DRC}(n,m)$
$c_{DEC}(n,m)$
$c_{DEC}(n,m)$
$w = D\, c_{DRC}$
$w(n,m)$
Микшер

ФИГ. 8