
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
53556.3—
2012

Звуковое вещание цифровое
КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ
ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ С СОКРАЩЕНИЕМ
ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ
ПО ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

Часть 3

(MPEG-4 AUDIO)

Кодирование речевых сигналов
с использованием линейного предсказания — CELP

(ISO/IEC 14496-3:2009, NEQ)

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2020

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Санкт-Петербургским филиалом Центрального научно-исследовательского института связи «Ленинградское отделение» (ФГУП ЛО ЦНИИС)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 480 «Связь»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 ноября 2012 г. № 942-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО/МЭК 14496-3:2009 «Информационные технологии. Кодирование аудиовизуальных объектов. Часть 3. Аудио» (ISO/IEC 14496-3:2009 «Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 3: Audio», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Август 2020 г.

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2014, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	1
1.1 Общее описание декодера <i>CELP</i>	1
1.2 Функциональные возможности <i>MPEG-4 CELP</i>	1
2 Термины и определения.....	4
3 Синтаксис потока бит.....	4
3.1 Тип объекта <i>CELP</i>	4
3.2 Тип объекта <i>ER-CELP</i>	8
4 Семантики.....	20
4.1 Семантики заголовка.....	20
4.2 Семантика фрейма.....	22
5 Инструменты декодера <i>MPEG-4 CELP</i>	27
5.1 Введение в набор инструментов декодера <i>CELP MPEG-4</i>	27
5.2 Конфигурация масштабируемого <i>AAC/CELP</i>	28
5.3 Переменные помощи.....	28
5.4 Элементы потока бит для набора инструментов <i>MPEG-4 CELP</i>	29
5.5 Демультимплексор потока бит <i>CELP</i>	29
5.6 Декодер <i>CELP LPC</i> и интерполятор.....	29
5.7 Генератор возбуждения <i>CELP</i>	44
5.8 Фильтр синтеза <i>CELP LPC</i>	61
5.9 Инструмент сжатия тишины <i>CELP</i>	61
Приложение А (справочное) Инструменты декодера <i>MPEG-4 CELP</i>	68
Приложение В (справочное) Инструменты кодера <i>MPEG-4 CELP</i>	70
Библиография.....	94

Звуковое вещание цифровое

КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ С СОКРАЩЕНИЕМ ИЗБЫТОЧНОСТИ
ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

Часть 3

(MPEG-4 AUDIO)

Кодирование речевых сигналов с использованием линейного предсказания — CELP

Sound broadcasting digital. Coding of signals of sound broadcasting with reduction of redundancy for transfer on digital communication channels. Part 3 (MPEG-4 audio). Code excited linear prediction

Дата введения — 2013—09—01

1 Область применения

1.1 Общее описание декодера CELP

Здесь дается краткий обзор декодера CELP (*Code Excited Linear Prediction* (Линейное предсказание с кодированием)).

Декодер CELP прежде всего состоит из генератора возбуждения и фильтра синтеза. Дополнительно декодеры CELP часто включают в свой состав постфильтр. У генератора возбуждения имеется адаптивная книга шифров для моделирования периодических компонент, фиксированные книги шифров для моделирования случайных компонент и декодер усиления, чтобы представлять уровень речевого сигнала. Индексы для книг шифров и коэффициентов усиления предоставляются кодером. Индексы книги шифров (индекс задержки шага для адаптивной книги шифров и индекс формы для фиксированной книги шифров) и индексы усиления (коэффициенты усиления адаптивной и фиксированной книг шифров) используются, чтобы генерировать сигнал возбуждения. Затем он фильтруется фильтром линейного прогнозирующего синтеза (фильтр синтеза LP). Коэффициенты фильтра реконструируются, используя индексы LPC, затем интерполируются коэффициентами фильтра последовательных фреймов анализа. И наконец, опционально может быть применен постфильтр, чтобы улучшить качество речи.

1.2 Функциональные возможности MPEG-4 CELP

MPEG-4 CELP представляет собой универсальный алгоритм кодирования с новыми функциональными возможностями. Обычные кодеры CELP предлагают сжатие при одной битовой скорости и оптимизированы для определенных приложений. Сжатие является одной из функций, предоставленных CELP MPEG-4, позволяющей использовать один базовый кодер для различных приложений. Это обеспечивает масштабируемость по битовой скорости и полосе пропускания, а также возможность генерировать потоки бит с произвольной битовой скоростью. Кодер CELP MPEG-4 поддерживает две частоты дискретизации, а именно 8 и 16 кГц. Соответствующие полосы пропускания равны 100—3400 Гц для частоты дискретизации 8 кГц и 50—7000 Гц для частоты дискретизации 16 кГц. Кроме того, заново приняты сжатие молчание и переупорядочение эластичного потока бит ошибок.

1.2.1 Конфигурация кодера CELP MPEG-4

Чтобы генерировать сигнал возбуждения, могут использоваться два различных инструмента. Это инструмент *Multi-Pulse Excitation* (Мультиимпульсное возбуждение) (MPE) или инструмент *Regular-Pulse Excitation* (Возбуждение регулярным импульсом) (RPE). MPE используется для дискретизации речи на частотах 8 кГц или 16 кГц. RPE используется только для дискретизации на частоте 16 кГц. Два возможных режима кодирования сведены в таблице 1.

Таблица 1 — Режимы кодирования в кодеке *CELP MPEG-4*

Режим кодирования	Инструмент возбуждения	Частота дискретизации
I	<i>RPE</i>	16 кГц
II	<i>MPE</i>	8,16 кГц

1.2.2 Особенности кодека *CELP MPEG-4*

Кодек *CELP MPEG-4* предлагает следующие функциональные возможности в зависимости от режима кодирования (см. таблицу 2).

Таблица 2 — Функциональные возможности кодека *CELP MPEG-4*

Режим кодирования	Функциональность
I	Несколько битовых скоростей, управление <i>FineRate</i>
II	Несколько битовых скоростей, масштабируемость битовой скорости, масштабируемость полосы пропускания, управление <i>FineRate</i>

Для обоих режимов кодирования доступны сжатие молчания и переупорядочение эластичного потока бит ошибок.

Доступные битовые скорости зависят от режима кодирования и частоты дискретизации. Поддерживаются следующие фиксированные битовые скорости (см. таблицы 3, 4).

Таблица 3 — Фиксированные битовые скорости для режима I кодека

Битовые скорости для частоты дискретизации 16 кГц, бит/с
14400, 16000, 18667, 22533

Таблица 4 — Фиксированные битовые скорости для режима II кодека

Битовые скорости для частоты дискретизации 8 кГц, бит/с	Битовые скорости для частоты дискретизации 16 кГц, бит/с
3850, 4250, 4650, 4900, 5200, 5500, 5700, 6000, 6200, 6300, 6600, 6900, 7100, 7300, 7700, 8300, 8700, 9100, 9500, 9900, 10300, 10500, 10700, 11000, 11400, 11800, 12000, 12200	10900, 11500, 12100, 12700, 13300, 13900, 14300, 14700, 15900, 17100, 17900, 18700, 19500, 20300, 21100, 13600, 14200, 14800, 15400, 16000, 16600, 17000, 17400, 18600, 19800, 20600, 21400, 22200, 23000, 23800

Во время неактивных фреймов используется инструмент сжатия тишины и кодек *CELP* работает на битовых скоростях, показанных в таблице 5. Битовая скорость зависит от режима кодирования, частоты дискретизации и длины фрейма.

Таблица 5 — Битовые скорости для инструмента сжатия тишины

Режим кодирования	Частота взятия выборки, кГц	Масштабируемость ширины полосы	Длина фрейма	Битовая скорость, бит/с		
				<i>TX_flag</i>	<i>HD_SID</i>	<i>LR_SID</i>
I (<i>RPE</i>)	16	—	15	133	2533	400
			10	200	3800	600
II (<i>MPE</i>)	8	<i>On, Off</i>	40	50	525	150
			30	67	700	200
			20	100	1050	300
			10	200	2100	600
	16	<i>Off</i>	20	100	1900	300
			10	200	3800	600
		<i>On</i>	40	50	1050	150
			30	67	1400	200
			20	100	2100	300
			10	200	4200	600

Управление скоростью: обеспечивает управление битовой скоростью малыми шажками (давая возможность работать на варьируемой битовой скорости). Это достигается только за счет управления скоростью передачи параметров *LPC*, используя комбинации двух элементов потока бит *interpolation_flag* и флажок *LPC_present*. Для изменения отношения фреймов *LPC* к общему числу фреймов между 50 % и 100 % можно использовать управление *FineRate*. Это позволяет уменьшить битовую скорость относительно битовой скорости привязки, как определено в семантике.

Масштабируемость битовой скорости обеспечивается добавлением уровней расширения. Уровни расширения могут быть добавлены с шагом 2000 бит/с для сигналов, дискретизированных с частотой 8 кГц или 4000 бит/с для сигналов, дискретизированных на 16 кГц. С любой битовой скоростью, выбранной из таблицы 4, можно объединить максимум три уровня расширения.

Масштабируемость полосы пропускания с охватом обеих частот дискретизации достигнута включением инструмента расширения полосы пропускания в кодере *CELP*. Это инструмент расширения, поддерживаемый в Режиме II, который может быть добавлен, если требуется масштабирование с переходом от частоты дискретизации 8 кГц к частоте дискретизации 16 кГц. Полный кодер с масштабируемостью полосы пропускания состоит из основного кодера *CELP* для частоты дискретизации 8 кГц и инструмента расширения полосы пропускания для обеспечения одного уровня масштабируемости. Основной кодер *CELP* для частоты дискретизации 8 кГц может включить несколько уровней. Кодер частоты дискретизации 8 кГц с этим инструментом отличается от кодера частоты дискретизации 16 кГц. Обе конфигурации (кодер частоты дискретизации 8 кГц с масштабируемостью полосы пропускания и кодер частоты дискретизации 16 кГц) предлагают большую ясность и естественность декодированной речи, чем дает один только кодер 8 кГц, потому что они разворачивают полосу пропускания до 7 кГц. Дополнительная битовая скорость, требующаяся для инструмента масштабируемости полосы пропускания, может быть выбрана из четырех дискретных шагов для каждой битовой скорости основного уровня, как показано в таблице 6.

Т а б л и ц а 6 — Битовые скорости для режима масштабируемой полосы пропускания

Битовая скорость основного уровня, бит/с	Дополнительная битовая скорость, бит/с
3850 — 4650	+9200, +10400, +11600, +12400
4900 — 5500	+9467, +10667, +11867, +12667
5700 — 10700	+10000, +11200, +12400, +13200
11000 — 12200	+11600, +12800, +14000, +14800

Инструмент сжатия тишины может использоваться, чтобы уменьшить битовую скорость для входных сигналов с небольшой голосовой активностью. В течение таких неактивных периодов декодер заменяет регулярный сигнал возбуждения искусственно сгенерированным шумом. Для периодов голосовой активности всегда используется регулярный процесс синтеза речи. Инструмент сжатия тишины доступен, когда используется тип объекта *ER-CELP*.

Переупорядочение эластичного потока бит ошибок позволяет эффективно использовать усовершенствованные техники кодирования канала как неравномерная защита от ошибок (*UEP*). Основная идея состоит в том, чтобы перестроить контент звукового фрейма в зависимости от его чувствительности к ошибкам в одном или более случаях, принадлежащих различным категориям чувствительности к ошибкам (*ESC*). Эта перестановка воздействует на данные поэлементно или даже поразрядно. Фрейм эластичного потока бит ошибок строится, связывая эти случаи. Эти функциональные возможности доступны, когда используется тип объекта *ER-CELP*.

1.2.3 Алгоритмическая задержка режимов *CELP MPEG-4*

Алгоритмическая задержка кодера *CELP* исходит из длины фрейма и длины дополнительного предвидения. Длина фрейма зависит от режима кодирования и битовой скорости. Длина предвидения, которая является информативным параметром, также зависит от режима кодирования. Задержки, представленные ниже, применимы к режимам, где управление *FineRate Control* выключено (см. таблицы 7, 8, 9). Когда управление *FineRate Control* включено, вносится дополнительная задержка на один фрейм. Масштабируемость полосы пропускания в кодере режима II требует дополнительного предвидения на 5 мс из-за субдискретизации.

В случае, если сжатие тишины используется, алгоритмическая задержка такая же, как без сжатия тишины, поскольку используются такая же длина фрейма и такая же дистанция дополнительного упреждающего просмотра.

Т а б л и ц а 7 — Задержка и длина фрейма для кодера режима I частоты дискретизации 16 кГц

Битовая скорость для режима I, бит/с	Задержка, мс	Длина фрейма, мс
14400	26,25	15
16000	18,75	10
18667	26,56	15
22533	26,75	15

Т а б л и ц а 8 — Задержка и длина фрейма для кодера режима II частоты дискретизации 8 кГц

Битовая скорость для режима II, бит/с	Задержка, мс	Длина фрейма, мс
3850, 4250, 4650	45	40
4900, 5200, 5500, 6200	35	30
5700, 6000, 6300, 6600, 6900, 7100, 7300, 7700, 8300, 8700, 9100, 9500, 9900, 10300, 10500, 10700	25	20
11000, 11400, 11800, 12000, 12200	15	10

Т а б л и ц а 9 — Задержка и длина фрейма для кодера режима II частоты дискретизации

Битовая скорость для режима II, бит/с	Задержка, мс	Длина фрейма, мс
10900, 11500, 12100, 12700, 13300, 13900, 14300, 14700, 15900, 17100, 17900, 18700, 19500, 20300, 21100	25	20
13600, 14200, 14800, 15400, 16000, 16600, 17000, 17400, 18600, 19800, 20600, 21400, 22200, 23000, 23800	15	10

2 Термины и определения

Термины и определения в соответствии с ГОСТ Р 53556.0—2009

3 Синтаксис потока бит

3.1 Тип объекта CELP

3.1.1 Синтаксис заголовка

CelpSpecificConfig ()

Для типа объекта CELP требуется следующий *CelpSpecificConfig* () (см. таблицы 10, 11, 12)

Т а б л и ц а 10 — Синтаксис *CelpSpecificConfig* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> CelpSpecificConfig (uint(4) samplingFrequencyIndex) { isBaseLayer if (isBaseLayer) { CelpHeader (samplingFrequencyIndex); } else { isBWSLayer; if (isBWSLayer) { CelpBWSenhHeader (); } } } </pre>	1	<i>uimcbf</i>
	1	<i>uimcbf</i>

Окончание таблицы 10

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> else { CELP-BRS-id;uimcbf } } } </pre>	2	<i>uimcbf</i>

Таблица 11 — Синтаксис *CelpHeader ()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> CelpHeader (samplingFrequencyIndex) { ExcitationMode; SampleRateMode; FineRateControl; if (ExcitationMode == RPE) { RPE_Configuration; } if (ExcitationMode == MPE) { MPE_Configuration; NumEnhLayers; BandwidthScalabilityMode; } } </pre>	 1 1 1 3 5 2 1	 <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Таблица 12 — Синтаксис *CelpBWSenhHeader ()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> CelpBWSenhHeader () { BWS_configuration; } </pre>	2	<i>uimcbf</i>

3.1.2 Синтаксис фрейма

Передача потоков бит *CELP*

Каждый уровень потока бит аудио *CELP MPEG-4* передается в элементарном потоке. В *sIPacketPayload* должны быть включены следующие динамические данные для Аудио *CELP*:

Базовый уровень *CELP* — полезная нагрузка модуля доступа

sIPacketPayload

```

{
  CelpBaseFrame ();
}

```

Уровень расширения *CELP* — полезная нагрузка модуля доступа

Чтобы анализировать и декодировать уровень расширения *CELP*, требуется информация, декодированная из базового уровня *CELP*. Для масштабируемого режима битовой скорости должны быть включены следующие данные для уровня расширения *CELP*:

sIPacketPayload

```

{
  CelpBRSenhFrame ();
}

```

Для масштабируемого режима полосы пропускания должны быть включены следующие данные для уровня расширения *CELP*:

sIPacketPayload


```
{
  CelpBWSenhFrame ();
}
```

В случае, если масштабирование битовой скорости и масштабирование полосы пропускания используются одновременно, сначала должны быть переданы все уровни расширения битовой скорости, а затем уровень масштабируемости полосы пропускания (см. таблицы 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20)

Таблица 13 — Синтаксис *CelpBaseFrame* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre>CelpBaseFrame() { Celp_LPC(); if (ExcitationMode == MPE) { MPE_frame(); } if ((ExcitationMode==RPE) && (SampleRateMode==16кГц)) { RPE_frame(); } }</pre>		

Таблица 14 — Синтаксис *CelpBRSenhFrame* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre>CelpBRSenhFrame() { for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) { shape_enh_positions [subframe][enh_layer]; shape_enh_signs [subframe][enh_layer]; gain_enh_index [subframe][enh_layer]; } }</pre>	<p>4, 12</p> <p>2, 4</p> <p>4</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

Таблица 15 — Синтаксис *CelpBWSenhFrame* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre>CelpBWSenhFrame() { BandScalable_LSP() for (subframe=0; subframe<nrof_subframe_bws; subframe++) { shape_bws_delay [subframe]; shape_bws_positions [subframe]; shape_bws_signs [subframe]; gain_bws_index [subframe]; } }</pre>	<p>3</p> <p>22, 26, 30, 32</p> <p>6, 8, 10, 12</p> <p>11</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

3.1.2.1 Синтаксис *LPC*

Таблица 16 — Синтаксис *Celp_LPC* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre>Celp_LPC() { if (FineRateControl == ON){ interpolation_flag; LPC_Present; }</pre>	<p>1</p> <p>1</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

Окончание таблицы 16

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> if (LPC_Present == YES) { LSP_VQ(); } } else { LSP_VQ() } } </pre>		

Таблица 17 — Синтаксис *LSP_VQ()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> LSP_VQ() { if (SampleRateMode == 8кГц) { NarrowBand_LSP(); } else { WideBand_LSP(); } } </pre>		

Таблица 18 — Синтаксис *NarrowBand_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> NarrowBand_LSP() { lpc_indices [0]; lpc_indices [1]; lpc_indices [2]; lpc_indices [3]; lpc_indices [4]; } </pre>	<p>4</p> <p>4</p> <p>7</p> <p>6</p> <p>1</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

Таблица 19 — Синтаксис *BandScalable_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> BandScalable_LSP() { lpc_indices [5]; lpc_indices [6]; lpc_indices [7]; lpc_indices [8]; lpc_indices [9]; lpc_indices [10]; } </pre>	<p>4</p> <p>7</p> <p>4</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>4</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

Таблица 20 — Синтаксис *WideBand_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> WideBand_LSP() { lpc_indices [0]; lpc_indices [1]; lpc_indices [2]; lpc_indices [3]; } </pre>	<p>5</p> <p>5</p> <p>7</p> <p>7</p>	<p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p> <p><i>uimcbf</i></p>

Окончание таблицы 20

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>lpc_indices</i> [4];	1	<i>uimcbf</i>
<i>lpc_indices</i> [5];	4	<i>uimcbf</i>
<i>lpc_indices</i> [6];	4	<i>uimcbf</i>
<i>lpc_indices</i> [7];	7	<i>uimcbf</i>
<i>lpc_indices</i> [8];	5	<i>uimcbf</i>
<i>lpc_indices</i> [9];	1	<i>uimcbf</i>
}		

3.1.2.2 Синтаксис возбуждения (см. таблицы 21, 22)

Таблица 21 — Синтаксис *RPE_frame* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>RPE_frame</i> ()		
{		
for (<i>subframe</i> = 0; <i>subframe</i> < <i>nrof_subframes</i> ; <i>subframe</i> ++)		
{		
<i>shape_delay</i> [<i>subframe</i>];	8	<i>uimcbf</i>
<i>shape_index</i> [<i>subframe</i>];	11,	<i>uimcbf</i>
<i>gainindices</i> [0][<i>subframe</i>];	12	<i>uimcbf</i>
<i>gainindices</i> [1][<i>subframe</i>];	6, 3, 5	<i>uimcbf</i>
}		
}		

Таблица 22 — Синтаксис *MPE_frame* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_frame</i> ()		
{		
<i>signal_mode</i> ;	2	<i>uimcbf</i>
<i>rms_index</i> ;	6	<i>uimcbf</i>
for (<i>subframe</i> = 0; <i>subframe</i> < <i>nrof_subframes</i> ; <i>subframe</i> ++)		
{		
<i>shape_delay</i> [<i>subframe</i>];	8, 9	<i>uimcbf</i>
<i>shapepositions</i> [<i>subframe</i>];	14 ... 32	<i>uimcbf</i>
<i>shapesigns</i> [<i>subframe</i>];	3 ... 12	<i>uimcbf</i>
<i>gainindex</i> [<i>subframe</i>];	6, 7	<i>uimcbf</i>
}		
}		

3.2 Тип объекта *ER-CELP*

3.2.1 Синтаксис заголовка

ErrorResilientCelpSpecificConfig ()

Для типа объекта *ER-CELP* требуется следующий *ErrorResilientCelpSpecificConfig* () (см. таблицы 23, 24).

Таблица 23 — Синтаксис *ErrorResilientCelpSpecificConfig* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>ErrorResilientCelpSpecificConfig</i> (<i>uint</i> (4) <i>samplingFrequencyIndex</i>)		
{		
<i>isBaseLayer</i> ;	1	<i>uimcbf</i>
if (<i>isBaseLayer</i>)		
{		
<i>ER_SC_CelpHeader</i> (<i>samplingFrequencyIndex</i>);		
}		
}		

Окончание таблицы 23

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> } Else { isBWSLayer; if (isBWSLayer) { CelpBWSenhHeader (); } else { CELP-BRS-id; } } } </pre>	1	<i>uimcbf</i>
	2	<i>uimcbf</i>

Т а б л и ц а 24 — Синтаксис *ER_SC_CelpHeader* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> ER_SC_CelpHeader (samplingFrequencyIndex) { ExcitationMode; SampleRateMode; FineRateControl; SilenceCompression; if (ExcitationMode == RPE) { RPE_Configuration; } if (ExcitationMode == MPE) { MPE_Configuration; NumEnhLayers; BandwidthScalabilityMode; } } </pre>	1	<i>uimsbf</i>
	1	<i>uimsbf</i>
	1	<i>uimsbf</i>
	1	<i>uimsbf</i>
	3	<i>uimsbf</i>
	5	<i>uimsbf</i>
	2	<i>uimsbf</i>
	1	<i>uimsbf</i>

3.2.2 Синтаксис фрейма

Чтобы описать чувствительность к ошибке в символе элементов потока бит, введены категории чувствительности к ошибкам (*ESC*). Чтобы описать отдельные биты элементов, используется следующая система обозначений.

Усиление, $x - y$

Обозначает усиление элемента от бита x до бита y , в силу чего сначала передается x . Младший бит *LSB* — нулевой бит и *MSB* элемента, который состоит из N бит равен $N-1$. *MSB* всегда первый бит в потоке бит.

Следующий синтаксис является заменой для *CelpBaseFrame*. Синтаксис для уровня расширения для масштабируемости битовой скорости и полосы пропускания не затронут.

Передача потоков бит *CELP*

Данные полезной нагрузки для объекта *CELP* передаются как полезная нагрузка *sIPacketPayload* в базовом уровне и опциональном уровне расширения *Elementary Stream* (элементарный поток).

Базовый уровень эластичного *CELP* ошибок — полезная нагрузка модуля доступа

```

sIPacketPayload
{
  ER_SC_CelpBaseFrame ();
}

```

Уровень расширения эластичного *CELP* ошибок — полезная нагрузка модуля доступа.

Чтобы анализировать и декодировать уровни расширения эластичного CELP ошибок, требуется декодированная информация из базового уровня эластичного CELP ошибок. Для режима масштабируемой битовой скорости должны быть включены следующие данные для уровней расширения эластичного CELP ошибок:

```

sIPacketPayload
{
    ER_SC_CelpBRSenhFrame ();
}

```

Для режима масштабируемой полосы пропускания должны быть включены следующие данные для уровня расширения эластичного CELP ошибок:

```

sIPacketPayload
{
    ER_SC_CelpBWSenhFrame ();
}

```

3.2.2.1 Базовый уровень CELP (см. таблицы 25, 26, 27)

Т а б л и ц а 25 — Синтаксис ER_SC_CelpBaseFrame ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> ER_SC_CelpBaseFrame() { if (SilenceCompression == OFF) { ER_CelpBaseFrame(); } else { SC_VoiceActivity_ESC0(); if (TX_flag == 1) { ER_CelpBaseFrame(); } else if (TX_flag == 2) { SID_LSP_VQ_ESC0(); SID_Frame_ESC0(); } else if (TX_flag == 3) { SID_Frame_ESC0(); } } } </pre>		

Т а б л и ц а 26 — Синтаксис SC_VoiceActivity_ESC0 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SC_VoiceActivity_ESC0 () { TX_flag; } </pre>	2	<i>uimcbf</i>

Т а б л и ц а 27 — Синтаксис ER_CelpBaseFrame ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> ER_CelpBaseFrame() { if (ExcitationMode == MPE) { if (SampleRateMode == BkFu) { MPE_NarrowBand_ESC0(); MPE_NarrowBand_ESC1(); MPE_NarrowBand_ESC2(); MPE_NarrowBand_ESC3(); MPE_NarrowBand_ESC4(); } } } </pre>		

Окончание таблицы 27

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> if (SampleRateMode == 16кГц) { MPE_WideBand_ESC0(); MPE_WideBand_ESC1(); MPE_WideBand_ESC2(); MPE_WideBand_ESC3(); MPE_WideBand_ESC4(); } } if ((ExcitationMode == RPE) && (SampleRateMode == 16кГц)) { RPE_WideBand_ESC0(); RPE_WideBand_ESC1(); RPE_WideBand_ESC2(); RPE_WideBand_ESC3(); RPE_WideBand_ESC4(); }; } </pre>		

3.2.2.1.1 Синтаксис узкополосного MPE (см. таблицы 28, 29, 30, 31, 32)

Таблица 28 — Синтаксис MPE_NarrowBand_ESC0 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> MPE_NarrowBand_ESC0() { if (FineRateControl == ON) { interpolation_flag; LPC_Present; } rmc_index, 5-4; for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) { shape_delay[subframe], 7; } } </pre>	 	

Таблица 29 — Синтаксис MPE_NarrowBand_ESC1 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> MPE_NarrowBand_ESC1 () { if (FineRateControl == ON) { if (LPC_Present == YES) { lpc_indices [0], 1-0; lpc_indices [1], 0; } } else { lpc_indices [0], 1-0; lpc_indices [1], 0; } signal mode; for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) { shape_delay[subframe], 6-5; } } </pre>	 	

Т а б л и ц а 30 — Синтаксис MPE_NarrowBand_ESC2 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_NarrowBand_ESC2()</i> { if (<i>FineRateControl</i> == ON) { if (<i>LPC_Present</i> == YES) { <i>lpc_indices</i> [2], 6; <i>lpc_indices</i> [2], 0; <i>lpc_indices</i> [4]; } } else { <i>lpc_indices</i> [2], 6; <i>lpc_indices</i> [2], 0; <i>lpc_indices</i> [4]; } <i>rnc_index</i> , 3 for (<i>subframe</i> = 0; <i>subframe</i> < <i>nrof_subframes</i> ; <i>subframe</i> ++) { <i>shape_delay</i> [<i>subframe</i>], 4-3; <i>gain_index</i> [<i>subframe</i>], 1-0; } }	1 1 1 1 1 1 1 2 2	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Т а б л и ц а 31 — Синтаксис MPE_NarrowBand_ESC3 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_NarrowBand_ESC3()</i> { if (<i>FineRateControl</i> == ON) { if (<i>LPC_Present</i> == YES) { <i>lpc_indices</i> [0], 3-2; <i>lpc_indices</i> [1], 2-1; <i>lpc_indices</i> [2], 5-1; } } else { <i>lpc_indices</i> [0], 3-2; <i>lpc_indices</i> [1], 2-1; <i>lpc_indices</i> [2], 5-1; } for (<i>subframe</i> = 0; <i>subframe</i> < <i>nrof_subframes</i> ; <i>subframe</i> ++) { <i>shape_delay</i> [<i>subframe</i>], 2-0; <i>shape_signs</i> [<i>subframe</i>]; <i>gain_index</i> [<i>subframe</i>], 2; } }	2 2 5 2 2 5 3 3 ... 12 1	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Т а б л и ц а 32 — Синтаксис MPE_NarrowBand_ESC4 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_NarrowBand_ESC4()</i> { if (<i>FineRateControl</i> == ON) { if (<i>LPC_Present</i> == YES) { <i>lpc_indices</i> [1], 3; <i>lpc_indices</i> [3]; } } else { <i>lpc_indices</i> [1], 3; <i>lpc_indices</i> [3]; } }	1 6 1 6	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Окончание таблицы 32

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> } rnc_index, 2-0 for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) { shape positions[subframe]; gain_index[subframe], 5-3; } } </pre>	<p>3</p> <p>13 ... 32</p> <p>3</p>	<p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p>

3.2.2.1.2 Широкополосный синтаксис MPE (см. таблицы 33, 34, 35, 36, 37)

Т а б л и ц а 33 — Синтаксис MPE_WideBand_ESC0 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> MPE_WideBand_ESC0() { if (FineRateControl == ON) { interpolation flag; LPC_Present; if (LPC_Present == YES) { lpc_indices [0]; lpc_indices [1], 1-0; lpc_indices [2], 6; lpc_indices [2], 4-0; lpc_indices [4]; lpc_indices [5], 0; } } else { lpc_indices [0]; lpc_indices [1], 1-0; lpc_indices [2], 6; lpc_indices [2], 4-0; lpc_indices [4]; lpc_indices [5], 0; } rnc_index, 4-5; } </pre>	<p>1</p> <p>1</p> <p>5</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>5</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>5</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p>

Т а б л и ц а 34 — Синтаксис MPE_WideBand_ESC1 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> MPE_WideBand_ESC1 () { if (FineRateControl == ON) { if (LPC_Present == YES) { lpc_indices [1], 3-2; lpc_indices [2], 5; lpc_indices [5], 1; lpc_indices [6], 1-0; } } else { lpc_indices [1], 3-2; lpc_indices [2], 5; lpc_indices [5], 1; lpc_indices [6], 1-0; } } </pre>	<p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p> <p>uimcbf</p>

Окончание таблицы 34

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>signal mode;</i>	2	<i>uimcbf</i>
<i>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</i> <i> shape_delay[subframe], 8-6;</i> <i>}</i>	3	<i>uimcbf</i>

Т а б л и ц а 35 — Синтаксис *MPE_WideBand_ESC2()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_WideBand_ESC2()</i> { <i>if (FineRateControl == ON) {</i> <i>if (LPC_Present == YES) {</i> <i>lpc_indices [1], 4;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [3], 6;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [3], 1;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [5], 2;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [6], 3;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 6;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 4;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 1-0;</i> 2 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [9];</i> 1 <i>uimcbf</i> } } <i>else {</i> <i>lpc_indices [1], 4;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [3], 6;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [3], 1;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [5], 2;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [6], 3;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 6;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 4;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 1-0;</i> 2 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [9];</i> 1 <i>uimcbf</i> } <i>rmc_index, 3;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</i> <i>shape_delay[subframe], 5-4;</i> 2 <i>uimcbf</i> <i>gain_index[subframe], 1-0;</i> 2 <i>uimcbf</i> } }		

Т а б л и ц а 36 — Синтаксис *MPE_WideBand_ESC3()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>MPE_WideBand_ESC3()</i> { <i>if (FineRateControl == ON) {</i> <i>if (LPC_Present == YES) {</i> <i>lpc_indices [3], 4-2;</i> 3 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [3], 0;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [5], 3;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [6], 2;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 5;</i> 1 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [7], 3-2;</i> 2 <i>uimcbf</i> <i>lpc_indices [8], 4-1;</i> 4 <i>uimcbf</i> } } }		

Окончание таблицы 36

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>} else {</code>		
<code> lpc_indices [3], 4-2;</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [3], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [5], 3;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [6], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [7], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [7], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [8], 4-1;</code>	4	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</code>		
<code> shape_delay[subframe], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code> shape_signs[subframe];</code>	3 ... 12	<i>uimcbf</i>
<code> gain_index[subframe], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Таблица 37 — Синтаксис *MPE_WideBand_ESC4()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>MPE_WideBand_ESC4()</code>		
<code>{</code>		
<code> if (FineRateControl == ON) {</code>		
<code> if (LPC_Present == YES) {</code>		
<code> lpc_indices [3], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [8], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> }</code>		
<code> } else {</code>		
<code> lpc_indices [3], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [8], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> }</code>		
<code> rnc_index, 2-0;</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code> for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</code>		
<code> shape_delay[subframe], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code> shape_positions[subframe];</code>	14 ... 32	<i>uimcbf</i>
<code> gain_index[subframe], 6-3;</code>	4	<i>uimcbf</i>
<code> }</code>		
<code>}</code>		

3.2.2.1.3 Широкополосный синтаксис *RPE* (см. таблицы 38, 39, 40, 41, 42)Таблица 38 — Синтаксис *RPE_WideBand_ESC0()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>RPE_WideBand_ESC0()</code>		
<code>{</code>		
<code> if (FineRateControl == ON){</code>		
<code> interpolation flag;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> LPC_Present;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> if (LPC_Present == YES) {</code>		
<code> lpc_indices [0];</code>	5	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [1], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [2], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [2], 4-0;</code>	5	<i>uimcbf</i>
<code> lpc_indices [4];</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code> }</code>		
<code>}</code>		

Окончание таблицы 38

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>lpc_indices [5], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>} else {</code>		
<code>lpc_indices [0];</code>	5	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [1], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [2], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [2], 4-0;</code>	5	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [4];</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</code>		
<code>gain_indices[0][subframe], 5-3;</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code>if (subframe == 0) {</code>		
<code>gain_indices[1][subframe], 4-3;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>} else {</code>		
<code>gain_indices[1][subframe], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Таблица 39 — Синтаксис *RPE_WideBand_ESC1* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>RPE_WideBand_ESC1 ()</code>		
<code>{</code>		
<code>if (FineRateControl == ON) {</code>		
<code>if (LPC_Present == YES) {</code>		
<code>lpc_indices [1], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [2], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 1;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>} else {</code>		
<code>lpc_indices [1], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [2], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 1;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>{</code>		
<code>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++) {</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code>shape_delay[subframe], 7-5;</code>		
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Таблица 40 — Синтаксис *RPE_WideBand_ESC2* ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>RPE_WideBand_ESC2()</code>		
<code>{</code>		
<code>if (FineRateControl == ON) {</code>		
<code>if (LPC_Present == YES) {</code>		
<code>lpc_indices [1], 4;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 1;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 3;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Окончание таблицы 40

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>lpc_indices [7], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 4;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [9];</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>} else {</code>		
<code>lpc_indices [1], 4;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 1;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 3;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 6;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 4;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 1-0;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [9];</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++)</code>		
<code>{</code>		
<code>shape_delay[subframe], 4-3;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>gain_indices[0][subframe], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>if (subframe == 0) {</code>		
<code>gain_indices[1][subframe], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>} else {</code>		
<code>gain_indices[1][subframe], 1;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Таблица 41 — Синтаксис RPE_WideBand_ESC3 ()

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<code>RPE_WideBand_ESC3()</code>		
<code>{</code>		
<code>if (FineRateControl == ON) {</code>		
<code>if (LPC_Present == YES) {</code>		
<code>lpc_indices [3], 4-2;</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 3;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [8], 4-1;</code>	4	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>} else {</code>		
<code>lpc_indices [3], 4-2;</code>	3	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [3], 0;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [5], 3;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [6], 2;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 5;</code>	1	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [7], 3-2;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>lpc_indices [8], 4-1;</code>	4	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>for (subframe = 0; subframe < nrof_subframes; subframe++)</code>		
<code>{</code>		
<code>shape_delay[subframe], 2-1;</code>	2	<i>uimcbf</i>
<code>}</code>		
<code>}</code>		

Таблица 42 — Синтаксис *RPE_WideBand_ESC4()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>RPE_WideBand_ESC4()</i>		
{		
if (<i>FineRateControl</i> == ON) {		
if (<i>LPC_Present</i> == YES) {		
<i>lpc_indices</i> [3], 5;	1	uimcbf
<i>lpc_indices</i> [8], 0;	1	uimcbf
}		
} else {		
<i>lpc_indices</i> [3], 5;	1	uimcbf
<i>lpc_indices</i> [8], 0;	1	uimcbf
}		
for (<i>subframe</i> = 0; <i>subframe</i> < <i>nrof_subframes</i> ; <i>subframe</i> ++) {		
<i>shape_delay</i> [<i>subframe</i>], 0;	1	uimcbf
<i>shape_index</i> [<i>subframe</i>];	11, 12	uimcbf
<i>gain_indices</i> [0][<i>subframe</i>], 1-0;	2	uimcbf
if (<i>subframe</i> == 0) {		
<i>gain_indices</i> [1][<i>subframe</i>], 1-0;	2	uimcbf
} else {		
<i>gain_indices</i> [1][<i>subframe</i>], 0;	1	uimcbf
}		
}		
}		

3.2.2.2 Уровни расширения *CELP* (см. таблицы 43, 44)Таблица 43 — Синтаксис *ER_SC_CelpBRSenhFrame()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>ER_SC_CelpBRSenhFrame()</i>		
{		
if (<i>SilenceCompression</i> == OFF) {		
<i>CelpBRSenhFrame()</i> ;		
} else if (<i>TX_flag</i> == 1) {		
<i>CelpBRSenhFrame()</i> ;		
}		
}		

Таблица 44 — Синтаксис *ER_SC_CelpBWSenhFrame()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<i>ER_SC_CelpBWSenhFrame()</i>		
{		
if (<i>SilenceCompression</i> == OFF) {		
<i>CelpBWSenhFrame()</i> ;		
} else {		
if (<i>TX_flag</i> == 1) {		
<i>CelpBWSenhFrame()</i> ;		
}		
if (<i>TX_flag</i> == 2) {		
<i>SID_BandScalable_LSP()</i> ;		
}		
}		
}		

3.2.2.3 Элементы синтаксиса для неактивных фреймов (см. таблицы 45, 46, 47, 48, 49)

Таблица 45 — Синтаксис *SID_LSP_VQ_ESC0()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SID_LSP_VQ_ESC0() { if (SampleRateMode == 8кГц) { SID_NarrowBand_LSP(); } else { SID_WideBand_LSP(); } } </pre>		

Таблица 46 — Синтаксис *SID_NarrowBand_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SID_NarrowBand_LSP() { SID_lpc_indices [0]; SID_lpc_indices [1]; SID_lpc_indices [2] } </pre>	4 4 7	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Таблица 47 — Синтаксис *SID_BandScalable_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SID_BandScalable_LSP() { SID_lpc_indices [3]; SID_lpc_indices [4]; SID_lpc_indices [5]; SID_lpc_indices [6]; } </pre>	4 7 4 6	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Таблица 48 — Синтаксис *SID_WideBand_LSP()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SID_WideBand_LSP() { SID_lpc_indices [0]; SID_lpc_indices [1]; SID_lpc_indices [2]; SID_lpc_indices [3]; SID_lpc_indices [4]; SID_lpc_indices [5]; } </pre>	5 5 7 7 4 4	<i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i> <i>uimcbf</i>

Таблица 49 — Синтаксис *SID_Frame_ESC0()*

Синтаксис	Количество битов	Мнемосхема
<pre> SID_Frame_ESC0() { SID_mc_index; } </pre>	6	<i>uimcbf</i>

4 Семантики

Здесь описана семантика синтаксических элементов.

4.1 Семантики заголовка

isBaseLayer — однобитовый идентификатор, показывающий является ли соответствующий уровень базовым (1), либо уровнем расширения масштабируемой полосы пропускания или масштабируемой битовой скорости (0).

isBWSLayer — однобитовый идентификатор, показывающий является ли соответствующий уровень уровнем расширения масштабируемой полосы пропускания (1) или уровнем расширения масштабируемой битовой скорости (0).

CELP-BRS-id — двухбитовый идентификатор, показывающий порядок уровней расширения масштабируемой битовой скорости, где у первого уровня расширения значение '1'. Значение '0' не должно использоваться.

ExcitationMode — однобитовый идентификатор, показывающий используется ли инструмент *Multi-Pulse Excitation* или инструмент *Regular-Pulse Excitation* (см. таблицу 50).

Т а б л и ц а 50 — Описание режима *ExcitationMode*

Режим возбуждения	ID возбуждения	Описание
0	<i>MPE</i>	Инструмент <i>MPE</i> используется
1	<i>RPE</i>	Инструмент <i>RPE</i> используется

SampleRateMode — однобитовый идентификатор, показывающий частоту дискретизации. Поддерживаются две частоты дискретизации (см. таблицу 51).

Т а б л и ц а 51 — Описание режима *SampleRateMode*

Режим <i>SampleRateMode</i>	Идентификатор <i>SampleRateID</i>	Описание
0	8 кГц	8 кГц Частота дискретизации
1	16 кГц	16 кГц Частота дискретизации

FineRateControl — однобитовый флажок, показывающий, запущено ли точное управление скоростью очень мелкими шагами или заблокировано (см. таблицу 52).

Т а б л и ц а 52 — Описание *FineRateControl*

Точное управление скоростью <i>FineRateControl</i>	Идентификатор управления скоростью <i>RateControlID</i>	Описание
0	<i>OFF</i>	Точное управление скоростью отключено
1	<i>ON</i>	Точное управление скоростью запущено

Управление *FineRate Control* позволяет уменьшать битовую скорость относительно ее битовой скорости привязки. Когда параметры *LPC* передаются в каждом фрейме, будет получена битовая скорость привязки. Самая низкая возможная битовая скорость для каждой конфигурации может быть получена, передавая параметры *LPC* в 50 % фреймов.

SilenceCompression — однобитовый идентификатор, показывающий, используется ли *Silence Compression* или нет.

<i>SilenceCompression</i>	<i>SilenceCompressionID</i>	Описание
0	<i>SC_OFF</i>	<i>SilenceCompression</i> отключено
1	<i>SC_ON</i>	<i>SilenceCompression</i> задействовано

RPE_Configuration — это 3-битовый идентификатор, который конфигурирует кодер *MPEG-4 CELP*, используя инструмент *Regular-Pulse Excitation*. Этот параметр непосредственно определяет набор разрешенных битовых скоростей (таблица 53) и число подфреймов во фрейме *CELP* (таблица 54).

Т а б л и ц а 53 — Назначение скорости для кодера режима I на 16 кГц

<i>RPE_Configuration</i>	Фиксированная битовая скорость Точная регулировка скорости выключена, бит/с	Минимальная битовая скорость Точная регулировка скорости включена, 50% LPC, бит/с	Максимальная битовая скорость Точная регулировка скорости включена, 100% LPC, бит/с
0	14400	13000	14533
1	16000	13900	16200
2	18667	17267	18800
3	22533	21133	22667
4 ... 7	Зарезервировано		

Т а б л и ц а 54 — Определение *nrof_subframes* для кодера режима I на 16 кГц

<i>RPE_Configuration</i>	<i>Nrof_subframes</i>
0	6
1	4
2	8
3	10
4 ... 7	Зарезервировано

MPE_Configuration — это 5-битовое поле, которое конфигурирует кодер *MPEG-4 CELP*, используя инструмент *Multi-Pulse Excitation*. Этот параметр определяет переменные *nrof_subframes* и *nrof_subframes_bws*. Этот параметр также определяет число битов для *shape_positions[i]*, *shape_signs[i]*, *shape_enh_positions[i][j]* и *shape_enh_signs[i][j]*.

nrof_subframes — вспомогательный параметр, определяющий число подфреймов во фрейме *CELP*, и используемый, чтобы сообщить, сколько раз должны быть прочитаны параметры возбуждения. Для инструмента *Regular-Pulse Excitation*, работающего при частоте дискретизации 16 кГц, эта переменная зависит от *RPE_Configuration* следующим образом.

Для инструмента *Multi-Pulse Excitation* это получают из *MPE_Configuration* в зависимости от частоты дискретизации (см. таблицы 55, 56).

Т а б л и ц а 55 — Определение *nrof_subframes* для кодера режима II на 8 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>nrof_subframes</i>
0, 1, 2	4
3, 4, 5	3
6 ... 12	2
13 ... 21	4
22 ... 26	2
27	4
28 ... 31	Зарезервировано

Т а б л и ц а 56 — Определение *nrof_subframes* для кодера режима II на 16 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>nrof_subframes</i>
0 6	4
8 ... 15	8
16 ... 22	2
24 ... 31	4
7, 23	Зарезервировано

NumEnhLayers — это двухбитовое поле, определяющее число уровней расширения, которые используются (см. таблицу 57).

Т а б л и ц а 57 — Определение *nrof_enh_layers*

<i>NumEnhLayers</i>	<i>nrof_enh_layers</i>
0	0
1	1
2	2
3	3

BandwidthScalabilityMode — это однобитовый идентификатор, который указывает, запущена ли масштабируемость полосы пропускания. Этот режим имеет силу только, когда *ExcitationMode* = *MPE* (см. таблицу 58).

Т а б л и ц а 58 — Описание режима *BandwidthScalabilityMode*

<i>BandwidthScalabilityMode</i>	<i>ScalableID</i>	Описание
0	<i>OFF</i>	Масштабируемость полосы отключена
1	<i>ON</i>	Масштабируемость полосы задействована

BWS_Configuration — это двухбитовое поле, которое конфигурирует инструмент расширения полосы пропускания. Этот идентификатор имеет силу только, когда *BandwidthScalabilityMode* = *ON*. Этот параметр определяет число битов для *shape_bws_positions* [i], *shape_bws_signs* [i].

nrof_subframes_bws — этот параметр, который является вспомогательной переменной, показывает число подфреймов в инструменте расширения полосы пропускания, и его получают из *MPE_Configuration* (см. таблицу 59).

Т а б л и ц а 59 — Определение *nrof_subframes_bws*

<i>MPE_Configuration</i>	<i>nrof_subframes_bws</i>
0, 1, 2, 3	8
3, 4, 5	6
6 ... 12	4
13 ... 21	4
22 ... 26	2
27	Не имеет силы
28, 31	Зарезервировано

4.2 Семантика фрейма

interpolation_flag — это однобитовый флажок. Когда он установлен, параметры *LPC* для текущего фрейма должны быть получены, используя интерполяцию (см. таблицу 60).

Т а б л и ц а 60 — Описание флажка *interpolation_flag*

<i>interpolation_flag</i>	<i>InterpolationID</i>	Описание
0	<i>OFF</i>	Коэффициенты <i>LPC</i> фрейма не должны интерполироваться
1	<i>ON</i>	Коэффициенты <i>LPC</i> фрейма должны быть найдены путем интерполяции

LPC_Present — этот бит указывает, присоединены ли параметры *LPC* к текущему фрейму. Эти параметры *LPC* относятся или к текущему фрейму или следующему фрейму (см. таблицу 61).

Таблица 61 — Описание *LPC_Present*

<i>LPC_Present</i>	<i>LPCID</i>	Описание
0	NO	Фрейм не содержит данные <i>LPC</i>
1	YES	Фрейм содержит данные <i>LPC</i>

Вместе *interpolation_flag* и флажок *LPC_Present* описывают, как параметры *LPC* должны быть получены (см. таблицу 62).

Таблица 62 — Процесс декодирования *LPC*, описанный *interpolation_flag* и флажком *LPC_Present flag*

<i>interpolation_flag</i>	<i>LPC_Present</i>	Описание
1	1	Параметры <i>LPC</i> текущего фрейма должны быть извлечены, используя интерполяцию. Текущий фрейм несет параметры <i>LPC</i> , принадлежащие следующему фрейму
1	0	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО
0	1	Параметры <i>LPC</i> текущего фрейма присутствуют в текущем фрейме
0	0	Параметры <i>LPC</i> предыдущего фрейма должны использоваться в текущем фрейме

lpc_indices [] — это мультибитовые поля, представляющие коэффициенты *LPC*. Они содержат информацию необходимую, чтобы извлечь коэффициенты *LSP*. Точная процедура извлечения описана в процессе декодирования.

shape_delay [*subframe*] — это битовое поле представляет адаптивную задержку книги шифров. Декодирование этого поля зависит от *ExcitationMode* и *SampleRateMode* (см. таблицу 63).

Таблица 63 — Число битов для *shape_delay* []

<i>ExcitationMode</i>	<i>SampleRateMode</i>	<i>shape_delay</i> [], биты
<i>RPE</i>	16 кГц	8
<i>MPE</i>	8 кГц	8
<i>MPE</i>	16 кГц	9

shape_index [*subframe*] — этот индекс содержит информацию, необходимую чтобы извлечь фиксированное вложение книги шифров из книги шифров регулярного импульса. Число битов, занимаемых этим полем, зависит от битовой скорости (полученной из *RPE_configuration*) (см. таблицу 64).

Таблица 64 — Число битов для *shape_index* []

<i>RPE_Configuration</i>	Число битов, представляющих <i>shape_index</i> []
0	11
1	11
2	12
3	12
4...7	Зарезервировано

gain_indices [0] [*subframe*] — эти битовые поля определяют адаптивное усиление книги шифров в инструменте *RPE*, используя 6 битов. Это читается из потока бит для каждого подфрейма.

gain_indices [1] [*subframe*] — эти битовые поля определяют фиксированное усиление книги шифров в инструменте *RPE*. Это читается из потока бит для каждого подфрейма. Число читаемых битов для

представления этой области зависит от номера подфрейма. Для первого подфрейма это 5 битов, в то время как для остальных подфреймов это 3 бита.

gain_index [subframe] — это 6 или 7-битовое поле представляет усиления для адаптивной книги шифров и мультиимпульсного возбуждения для частоты дискретизации 8 кГц или 16 кГц соответственно.

gain_enh_index [subframe] — это 4-битовое поле представляет усиление для мультиимпульсного возбуждения расширения в кодере CELP на 8 кГц.

gain_bws_index [subframe] — это 11-битовое поле представляет усиления для адаптивной книги шифров и двух возбуждений мультиимпульса в инструменте расширения полосы пропускания.

signal_mode — это 2-битовое поле представляет тип сигнала. Эта информация используется в инструменте MPE. Книжки шифров усиления переключаются в зависимости от этой информации (см. таблицу 65).

Т а б л и ц а 65 — Описание *signal_mode*

<i>signal_mode</i>	Описание
0	Неголосовой
1,2,3	Голосовой

rms_index — этот параметр указывает среднеквадратический уровень фрейма. Эта информация используется только в инструменте MPE.

shape_positions [subframe], *shape_signs* [subframe] — эти битовые поля представляют позиции импульсов и знаки импульсов для мультиимпульсного возбуждения. Длина битового поля зависит от *MPE_Configurations* (см. таблицы 66, 67).

Т а б л и ц а 66 — Определения *shape_positions*[] и *shape_signs*[] для дискретизированной на 8 кГц речи

<i>MPE_Configuration</i>	<i>shape_positions</i> [], (битов)	<i>shape_signs</i> [], (битов)
0	14	3
1	17	4
2	20	5
3	20	5
4	22	6
5	24	7
6	22	6
7	24	7
8	26	8
9	28	9
10	30	10
11	31	11
12	32	12
13	13	4
14	15	5
15	16	6
16	17	7
17	18	8
18	19	9
19	20	10
20	20	11
17	18	8

Окончание таблицы 66

<i>MPE_Configuration</i>	<i>shape_positions</i> [], (битов)	<i>shape_signs</i> [], (битов)
18	19	9
19	20	10
20	20	11
21	20	12
22	18	8
23	19	9
24	20	10
25	20	11
26	20	12
27	19	6
28 ... 31	Зарезервировано	

Таблица 67 Определения *shape_positions*[] и *shape_signs*[] для дискретизированной на 16 кГц речи

<i>MPE_Configuration</i>	<i>shape_positions</i> [], (битов)	<i>shape_signs</i> [], (битов)
0, 16	20	5
1, 17	22	6
2, 18	24	7
3, 19	26	8
4, 20	28	9
5, 21	30	10
6, 22	31	11
7, 23	Зарезервировано	Зарезервировано
8, 24	11	3
9, 25	13	4
10, 26	15	5
11, 27	16	6
12, 28	17	7
13, 29	18	8
14, 30	19	9
15, 31	20	10

shape_enh_positions[*subframe*][], *shape_enh_signs*[*subframe*][] — эти битовые поля представляют позиции импульсов, и знаки импульсов для мультиимпульсного возбуждения в каждом уровне расширения. Длина битового поля зависит от *MPE_Configuration* (см. таблицы 68, 69).

Таблица 68 — Определение *shape_enh_positions*[][] и *shape_enh_signs*[][] для дискретизированной на 8 кГц речи

<i>MPE_Configuration</i>	<i>shape_enh_positions</i> [][] (битов)	<i>shape_enh_signs</i> [][] (битов)
0 ... 12	12	4
13 ... 26	4	2
27	Не имеет силы	
28 ... 31	Зарезервировано	

Т а б л и ц а 69 — Определение $shape_enh_positions[]$ и $shape_enh_signs[]$ для дискретизированной на 16 кГц речи

<i>MPE_Configuration</i>	<i>shape_enh_positions[]</i> , (битов)	<i>shape_enh_signs[]</i> , (битов)
0 ... 6, 16 ... 22	12	4
8 ... 15, 24 ... 31	4	2
7, 23	Зарезервировано	

$shape_bws_delay[subframe]$ — это 3-битовое поле используется в декодировании адаптивной книги шифров для инструмента расширения полосы пропускания. Это значение указывает задержку, отличающуюся от задержки, описанной в $shape_delay[]$.

$shape_bws_positions[subframe]$, $shape_bws_signs[subframe]$ — эти поля представляют позиции импульсов и знаки импульсов для мультиимпульсного возбуждения в инструменте расширения полосы пропускания. Длина битового поля зависит от *BWS_Configuration* (см. таблицу 70).

Т а б л и ц а 70 — Определение $shape_bws_positions[]$ и $shape_bws_signs[]$

<i>BWS_Configuration</i>	<i>shape_bws_positions[]</i> , (битов)	<i>shape_bws_signs[]</i> , (битов)
0	22	6
1	26	8
2	30	10
3	32	12

TX_flag — двухбитовая область, указывающая режим передачи (см. таблицу 71).

Т а б л и ц а 71 — Определение *TX_flag*

<i>TX_flag</i>	Режим передачи
0	Неактивный фрейм. Энергия фрейма или индексы <i>LPC</i> не передаются
1	Активный фрейм
2	Неактивный фрейм. Энергия фрейма или индексы <i>LPC</i> передаются
3	Неактивный фрейм. Передается только энергия фрейма, индексы <i>LPC</i> не передаются

SID_rmc_index — 6-битовое поле, указывающее энергию фрейма.

SID_lpc_indices — это мультибитовые поля, представляющие коэффициенты *LPC* для неактивных фреймов *LPC* (*TX_flag* = 2). Они содержат информацию, необходимую для извлечения коэффициентов *LSP*. Семантики потока бит для *SID_lpc_indices* показаны в таблице 72.

Т а б л и ц а 72 — Семантики потока бит для *SID_lpc_indices*

Режим кодирования	Частота дискретизации [кГц]	Масштабируемость полосы	Параметр	Описание
1	16	Off	<i>SID_lpc_indices</i> [0]	0-4 th <i>LSPs</i> of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices</i> [1]	5-9 th <i>LSPs</i> of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices</i> [2]	10-14 th <i>LSPs</i> of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices</i> [3]	15-19 th <i>LSPs</i> of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices</i> [4]	0-4 th <i>LSPs</i> of the 2nd stage VQ
			<i>SID_lpc_indices</i> [5]	5-9 th <i>LSPs</i> of the 2nd stage VQ

Окончание таблицы 72

Режим кодирования	Частота дискретизации [кГц]	Масштабируемость полосы	Параметр	Описание
II	8	On, Off	<i>SID_lpc_indices[0]</i>	0-4 th LSPs of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[1]</i>	5-9 th LSPs of the 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[2]</i>	0-4 th LSPs of the 2nd stage VQ
	16	On	<i>SID_lpc_indices[3]</i>	0-9 th LSPs of 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[4]</i>	10-19 th LSPs of 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[5]</i>	0-4 th LSPs of 2nd stage VQ
		Off	<i>SID_lpc_indices[6]</i>	5-9 th LSPs of 2nd stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[0]</i>	0-4 th LSPs of 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[1]</i>	5-9 th LSPs of 1st stage VQ
	16	Off	<i>SID_lpc_indices[2]</i>	10-14 th LSPs of 1st stage VQ
			<i>SID_lpc_indices[3]</i>	15-19 th LSPs of 1st stage VQ
<i>SID_lpc_indices[4]</i>			0-4 th LSPs of 2nd stage VQ	
<i>SID_lpc_indices[5]</i>			5-9 th LSPs of 2nd stage VQ	

5 Инструменты декодера MPEG-4 CELP

Здесь дается краткое описание функциональных возможностей, определение параметра и процессов декодирования инструментов, поддерживаемых ядром MPEG-4 CELP. Описание каждого инструмента включает три части и дополнительную часть, содержащую таблицы, используемые инструментом:

1 Описание инструмента: краткое описание функциональных возможностей инструмента дается вместе с его интерфейсом.

2 Определения: здесь описаны параметры ввода и вывода, так же как элементы справки инструмента. Каждый элемент дается полужирным шрифтом или курсивным. Полуужирные названия указывают, что элемент читается из потока битов, курсивные названия указывают вспомогательные элементы. Если элементы уже используются другим инструментом, дается ссылка на предыдущее определение.

3 Процесс декодирования: процесс декодирования объяснен здесь подробно при помощи математических уравнений и кода pseudo-C.

4 Таблицы: эта дополнительная четвертая часть содержит таблицы, которые используются инструментом.

5.1 Введение в набор инструментов декодера CELP MPEG-4

Декодер MPEG-4 CELP работает при частоте дискретизации 8 или 16 кГц. Один или несколько индивидуальных блоков сгруппированы, формируя инструменты, доступные для декодирования MPEG-4 CELP. Поддерживаются следующие инструменты:

Демультимплексор потока бит CELP

Декодер CELP LPC и интерполятор

Узкополосный инструмент декодирования LSP-VQ

Широкополосный инструмент декодирования LSP-VQ

Инструмент декодирования LSP-VQ с масштабируемой полосой пропускания

Генератор возбуждения CELP

Инструмент генерации возбуждения регулярным импульсом

Инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения

Инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения масштабируемой битовой скорости

Инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения масштабируемой полосы пропускания

Фильтр синтеза CELP LPC

Постпроцессор CELP (информативный инструмент)

Декодирование выполняется на основе фрейма, и каждый фрейм разделен на подфреймы. Фрейм в потоке бит демультиплексируется модулем демультиплексора потока бит *CELP*. Параметры, которые извлечены из потока бит, являются информацией заголовка, кодами, представляющими коэффициенты *LPC* фрейма и параметрами возбуждения для каждого подфрейма. Эти коды декодируются и интерполируются для каждого подфрейма модулем декодера и интерполятора *CELP LPC*. Для каждого подфрейма используются параметры возбуждения, чтобы генерировать сигнал возбуждения, используя модуль генератора возбуждения *CELP*. Модуль фильтра синтеза *CELP LPC* восстанавливает речевой сигнал на основании подфрейма, исходя из интерполированных коэффициентов *LPC* и сгенерированного сигнала возбуждения. Расширение синтезируемого сигнала получено дополнительным модулем постпроцессора *CELP*.

Чтобы реализовать масштабируемость битовой скорости, для генерации сигнала возбуждения используется инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения масштабируемой битовой скорости (*MPE*). Инструмент генерации *MPE* масштабируемой битовой скорости реализуется путем добавления инструмента декодирования возбуждения расширения к инструменту генерации *MPE*, чтобы повысить качество сигнала возбуждения.

Декодер *CELP* масштабируемой полосы пропускания реализуется с использованием как инструмента *LSP-VQ* масштабируемой полосы пропускания, так и инструмента генерации *MPE* масштабируемой битовой скорости. Эти инструменты масштабирования используются, чтобы расширить полосу пропускания декодированного сигнала от 3,4 кГц до 7 кГц.

5.2 Конфигурация масштабируемого AAC/CELP

Когда декодер узкополосного *CELP* используется как "основной кодер" в масштабируемой конфигурации *AAC/CELP* (см. часть *TIF*) для масштабируемости большого шага, постфильтр выключен. В случае, если декодер узкополосного *CELP* работает как основной декодер в масштабируемой конфигурации, этот декодер может декодировать объект аудио *CELP* при частоте дискретизации, отличающейся от 8 кГц. Частота дискретизации объекта аудио *CELP* определяется *samplingFrequencyIndex* в *AudioSpecificInfo* (см. подраздел 1). Флажок *SampleRateMode* в заголовке *CELP*, управляющий работой декодера, должен указывать 8 кГц. В случае, если *samplingFrequencyIndex* указывает, что частота дискретизации отличается от 8000 Гц, битовая скорость, длина фрейма и задержка изменяются соответственно.

5.3 Переменные помощи

Хотя каждый инструмент имеет описание переменных, которые он использует, в этом подпункте приводятся обычно используемые многими инструментами переменные.

frame_size: Это поле указывает число отсчетов во фрейме. Декодер выводит фрейм с *frame_size* отсчетов.

nrof_subframes: Фрейм состоит из ряда подфреймов. Число подфреймов определено в этом поле.

sbfrm_size: Подфрейм состоит из ряда отсчетов, количество которых обозначено этим полем. Число отсчетов во фрейме всегда должно быть равным сумме количеств отсчетов в подфреймах. Соответственно всегда должно соблюдаться следующее соотношение

$$frame_size = nrof_subframes * sbfrm_size.$$

Эти три параметра зависят от настройки параметров режима кодирования и битовой скорости, как указано в таблице 73 для режима I, таблице 74 и таблице 75 для режима II.

Т а б л и ц а 73 — Конфигурация кодера CELP (режим I) для частоты дискретизации 16 кГц

<i>RPE_Configuration</i>	<i>Frame_size</i> (#samples)	<i>nrof_subframes</i>	<i>sbfrm_size</i> (#samples)
0	240	6	40
1	160	4	40
2	240	8	30
3	240	10	24
4 ... 7	Зарезервировано		

Т а б л и ц а 74 — Конфигурация кодера CELP (режим II) для частоты дискретизации 8 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>Frame_size (#samples)</i>	<i>nrof_subframes</i>	<i>sbfm_size (#samples)</i>
0,1,2	320	4	80
3,4,5	240	3	80
6 ... 12	160	2	80
13 ... 21	160	4	40
22 ... 26	80	2	40
27	240	4	60
28 ... 31	Зарезервировано		

Т а б л и ц а 75 — Конфигурация кодера CELP (режим II) для частоты дискретизации 16 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>Frame_size (#samples)</i>	<i>nrof_subframes</i>	<i>sbfm_size (#samples)</i>
0, ..., 6	320	4	80
8, ..., 15	320	8	40
16, ..., 22	160	2	80
24, ..., 31	160	4	40
7, 23	Зарезервировано		

lpc_order: Это поле указывает число коэффициентов, используемых для линейного предсказания. Значение этого поля равно 20 для частоты дискретизации 16 кГц и 10 для 8 кГц.

num_lpc_indices. Этот параметр определяет число индексов, содержащих информацию *LPC*, которая должна читаться из потока бит. Оно не равно порядку *LPC*. *num_lpc_indices* равно 5 в режиме 8 кГц и дополнительно 6 для инструмента расширения полосы пропускания. Для частоты дискретизации 16 кГц в векторном квантователе это значение равно 10.

5.4 Элементы потока бит для набора инструментов *MPEG-4 CELP*

Описания всех переменных потока бит перечислены в разделе 4.

5.5 Демультимплексор потока бит *CELP*

5.5.1 Описание инструмента

Инструмент демультимплексора потока бит *CELP* извлекает фрейм *CELP* из полученного потока бит.

5.5.2 Определения

Все элементы потока бит и связанные переменные справки были определены в разделе 4.

5.5.3 Процесс декодирования

Декодирование элементов потока бит производится в соответствии с синтаксисом, описанным в разделе 3.

5.6 Декодер *CELP LPC* и интерполятор

У декодера *CELP LPC* и интерполятора есть две функции:

- 1 Восстанавливать коэффициенты *LPC* из *lpc_indices* [].
- 2 Интерполировать восстановленные коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма.

В зависимости от режима квантования *lpc_indices*[] содержат информацию, необходимую чтобы восстановить коэффициенты *LSP*. Есть три типа процессов декодирования, а именно, процесс декодирования узкополосного *LSP*, процесс декодирования широкополосного *LSP*, и процесс декодирования *LSP* с масштабируемой полосой пропускания. Выходы этого процесса являются коэффициентами фильтра, названные коэффициентами *LPC* или параметрами, которые могут использоваться в фильтре прямой формы (см. таблицу 76).

Т а б л и ц а 76 — Инструменты декодирования LPC

Режим кодирования	Частота дискретизации	Инструмент
Mode I	16 кГц	Wideband LSP-VQ
Mode II	8 кГц 16 кГц 8/16 кГц (BWS)	Narrowband LSP-VQ Wideband LSP-VQ Bandwidth Scalable (BWS) LSP-VQ

5.6.1 Инструмент декодирования узкополосного LSP-VQ

5.6.1.1 Описание инструмента

Инструмент декодирования узкополосного LSP имеет двухступенчатую структуру VQ. Квантованные LSPs воспроизводятся добавлением декодированных в первой и во второй стадиях LSPs. Во второй стадии есть два процесса декодирования, с или без межфреймового предсказания, процесс декодирования выбирается согласно флажку *lpc_indices*. Затем декодированные LSPs интерполируются и преобразуются в коэффициенты LPC.

5.6.1.2 Определения

Вход

lpc_indices []: Размерность этого массива *num_lpc_indices* содержит упакованные индексы *lpc*.

Выход

int_Qlpc_coefficients []: Этот массив содержит коэффициенты LPC для каждого подфрейма. Коэффициенты LPC декодированы и интерполированы, как описано в процессе декодирования. Коэффициенты LPC расположены в стеке один за другим в блоках *lpc_order*. Таким образом размерность массива равна *lpc_order* * *nrof_subframes*.

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок используемого LPC.

num_lpc_indices: Это поле содержит ряд упакованных кодов LPC. Для узкополосного LSP, *num_lpc_indices* процесса декодирования установлен 5.

nrof_subframes: Это поле содержит ряд подфреймов.

Элементы справки, используемые в процессе декодирования узкополосного LSP:

<i>lsp_tbl</i> [][][]	таблицы поиска для первой стадии процесса декодирования
<i>d_tbl</i> [][][]	таблицы поиска для второй стадии процесса декодирования VQ без межфреймового предсказания
<i>pd_tbl</i> [][][]	таблицы поиска для второй стадии процесса декодирования VQ с межфреймовым предсказанием
<i>dim</i> [][]	размерности для квантования расщепленного вектора
<i>sign</i>	знак вектора кода для второй стадии процесса декодирования
<i>idx</i>	распакованный индекс для второй стадии процесса декодирования
<i>lsp_first</i> [],	LSPs, декодированные на первой стадии процесса декодирования
<i>lsp_previous</i> [],	LSPs, декодированные в предыдущем фрейме
<i>lsp_predict</i> [],	LSPs, предсказанные из <i>lsp_previous</i> и <i>lsp_first</i>
<i>lsp_current</i> [],	LSPs, декодированные в текущем фрейме
<i>lsp_subframe</i> [][][]	LSPs, интерполированные в каждом подфрейме
<i>ratio_predict</i>	коэффициент для предсказания <i>lsp_predict</i>
<i>ratio_sub</i>	коэффициент интерполяции для вычисления <i>lsp_subframe</i>
<i>min_gap</i>	минимальное расстояние между соседними LSPs
<i>Convert2lpc</i> ()	функция для преобразования LSPs в LPCs

5.6.1.3 Процесс декодирования

Процесс декодирования LSP для восстановления коэффициентов интерполированного LPC для каждого подфрейма описан ниже.

5.6.1.3.1 Преобразование индексов в LSPs

LSPs текущего фрейма (*lsp_current*), которые кодируются разбиением и двухступенчатым векторным квантованием, декодируются двухступенчатым процессом декодирования. Размерность каждого вектора описана в таблице 77 и таблице 78. *lpc_indices*[0],[1] и *lpc_indices*[2],[3] представляют индексы для первой и второй стадии, соответственно.

Т а б л и ц а 77 — Размерность вектора первой стадии LSP

Индекс вектора разбиения: <i>i</i>	Размерность вектора: <i>dim[0][i]</i>
0	5
1	5

Т а б л и ц а 78 — Размерность вектора второй стадии LSP

Индекс вектора разбиения: <i>i</i>	Размерность вектора: <i>dim[1][i]</i>
0	5
1	5

В первой стадии вектор LSP первой стадии *lsp_first[]* декодируется путем просмотра таблицы *lsp_tbl[][][]*.

```
for(i = 0; i < dim[0][0]; i++)
{
    lsp_first[i] = lsp_tbl[0][lpc_indices[0]][i];
}
for(i = 0; i < dim[0][1]; i++)
{
    lsp_first[dim[0][0]+i] = lsp_tbl[1][lpc_indices[1]][i];
}
```

Во второй стадии есть два типа процессов декодирования, а именно, процесс декодирования VQ без межфреймового предсказания и VQ — с межфреймовым предсказанием. *lpc_indices[4]* указывает, какой процесс должен быть выбран (см. таблицу 79).

Т а б л и ц а 79 — Процесс декодирования для второй стадии

Индекс LPC: <i>lpc_indices[4]</i>	Процесс декодирования
0	VQ без межфреймового предсказания
1	VQ с межфреймовым предсказанием

Процесс декодирования VQ без межфреймового предсказания

Чтобы получить LSPs текущего фрейма *lsp_current[]*, декодированные векторы во второй стадии добавляются к декодированному вектору LSP первой стадии *lsp_first[]*. MCB для *lpc_indices[]* представляет знак декодированного вектора, а остающиеся биты представляют индекс для таблицы *d_tbl[][][]*.

```
sign = lpc_indices[2] >> 6;
idx = lpc_indices[2] & 0x3f;
if (sign==0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current[i] = lsp_first[i] + d_tbl[0][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current[i] = lsp_first[i] - d_tbl[0][idx][i];
    }
}
sign = lpc_indices[3] >> 5;
idx = lpc_indices[3] & 0x1f;
if (sign==0)
{
    for(i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
```

```

        lsp_current[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] +
d_tbl[1][idx][i];
    }
}
else
{
    for(i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] -
d_tbl[1][idx][i];
    }
}

```

Процесс декодирования VQ с межфреймовым предсказанием

Чтобы получить LSPs текущего фрейма *lsp_current[]*, декодированные векторы второй стадии добавляются к вектору LSP – *lsp_predict[]*, которые предсказаны из декодированных LSPs предыдущего фрейма *lsp_previous[]* и декодированного вектора LSP первой стадии *lsp_first[]*. Таким же образом как процесс декодирования VQ без межфреймового предсказания, LSP для *lpc_indices[]* представляет знак декодированного вектора, а остающиеся биты представляют индекс для таблицы *pd_tbl[][][]*.

```

    for (i = 0; i < lpc_order; i++)
    {
        lsp_predict[i] = (1 -
ratio_predict) * lsp_first[i]
+ratio_predict * lsp_pr
evious[i]
    }
где ratio_predict = 0,5
    sign = lpc_indices[2] >> 6;
    idx = lpc_indices[2] & 0x3f;
    if (sign==0)
    {
        for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
        {
            lsp_current[i] = lsp_predict[i] +
pd_tbl[0][idx][i];
        }
    }
    else
    {
        for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
        {
            lsp_current[i] = lsp_predict -
pd_tbl[0][idx][i];
        }
    }
    sign = lpc_indices[3] >> 5;
    idx = lpc_indices[3] & 0x1f;
    if(sign==0)
    {
        for(i = 0; i < dim[1][1]; i++)
        {
            lsp_current[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] +
pd_tbl[1][idx][i];
        }
    }
    else
    {

```

```

    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] -
pd_tfb[1][idx][i];
    }
}

```

5.6.1.3.2 Стабилизация LSPs

Декодированные LSPs $lsp_current[i]$ стабилизируются, чтобы гарантировать стабильность фильтра синтеза LPC, который получен из декодированных LSPs. Декодированные LSPs упорядочиваются в порядке возрастания, имея расстояние между соседними коэффициентами, по крайней мере, min_gap .

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    if (lsp_current[i] < min_gap)
    {
        lsp_current[i] = min_gap;
    }
}
for (i = 0; i < lpc_order-1; i++)
{
    if (lsp_current[i+1]-lsp_current[i] < min_gap)
    {
        lsp_current[i+1] = lsp_current[i]+min_gap;
    }
}
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    if (lsp_current[i] > 1-min_gap)
    {
        lsp_current[i] = 1-min_gap;
    }
}
for (i = lpc_order-1; i > 0; i--)
{
    if (lsp_current[i]-lsp_current[i-1] < min_gap)
    {
        lsp_current[i-1] = lsp_current[i]-min_gap;
    }
}
}

```

где $min_gap = 2,0/256,0$

5.6.1.3.3 Интерполяция LSPs

Декодированные LSPs $lsp_current[i]$ линейно интерполируются в каждом подфрейме, используя LSPs предыдущего фрейма $lsp_previous[i]$.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
    ratio_sub=(n+1)/nrof_subframes
    for (i = 0; i < lpc_order; i++)
    {
        lsp_subframe[n][i]=((1-
ratio_sub)*lsp_previous[i]+ratio_sub*lsp_current[i]);
    }
}

```

5.6.1.3.4 Преобразование LSP в LPC

Интерполированные LSPs преобразуются в LPCs, используя вспомогательную функцию $Convert2lpc()$.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
    Convert2lpc (lpc_order, lsp_subframe[n],

```

```
int_Qlpc_coefficients + n*lpc_order);
}
```

Преобразование *LSP* в *LPC* описано ниже. Входные *LSPs* должны быть нормализованы в диапазоне от нуля до π .

```
tmp_lpc[0] = 1,0;
for (i = 1; i < lpc_order + 1; i++) tmp_lpc[i] = 0,0;
for (i = 0; i < (lpc_order+1)*2; i++) w[i] = 0,0;
for (j = 0; j < lpc_order + 1; j++)
{
  xin1 = tmp_lpc[j];
  xin2 = tmp_lpc[j];
  for (i = 0; i < (lpc_order >> 1); i++)
  {
    n1 = i*4;
    n2 = n1+1;
    n3 = n2+1;
    n4 = n3+1;
    xout1 = -2. * cos(lsp_coefficients[i*2+0]) * w[n1] + w[n2]
+ xin1;
    xout2 = -2. * cos(lsp_coefficients[i*2+1]) * w[n3] + w[n4] +
xin2;
    w[n2] = w[n1];
    w[n1] = xin1;
    w[n4] = w[n3];
    w[n3] = xin2;
    xin1 = xout1;
    xin2 = xout2;
  }
  xout1 = xin1 + w[n4+1];
  xout2 = xin2 - w[n4+2];
  tmp_lpc[j] = 0,5 * (xout1 + xout2);
  w[n4+1] = xin1;
  w[n4+2] = xin2;
}
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lpc_coefficients[i] = tmp_lpc[i+1];
}
```

5.6.1.3.5 Сохранение коэффициентов

После вычисления коэффициентов *LPC*, текущие *LSPs* должны быть сохранены в памяти, так как они используются для интерполяции в следующем фрейме.

```
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = lsp_current[i];
}
```

Сохраненные *lsp_previous[] LSPs* должны быть инициализированы как описано ниже, когда инициализируется весь декодер.

```
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = (i+1) / (lpc_order+1);
}
```

5.6.2 Инструмент декодирования широкополосного *LSP-VQ*

5.6.2.1 Описание инструмента

Процесс декодирования широкополосного *LSP* основан на процессе декодирования узкополосного *LSP*. Процесс декодирования широкополосного *LSP* состоит из двух блоков декодирования *LSP*, соединенных параллельно. Каждый из блоков декодирования идентичен процессу декодирования

узкополосного *LSP* и декодирует нижнюю и верхнюю части *LSPs* соответственно. Декодированные *LSPs* объединяются и выводятся как один набор параметров.

5.6.2.2 Определения

Вход

lpc_indices[]. Размерность этого массива — *num_lpc_indices*, он содержит упакованные индексы *lpc*.

Выход

int_Qlpc_coefficients[]: Этот массив содержит коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма. Коэффициенты *LPC* декодированы и интерполированы, как описано в процессе декодирования. Коэффициенты *LPC* расположены в стеке один за другим в блоках *lpc_order*. Таким образом, размерность массива равна *lpc_order * nrof_subframes*.

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок используемого *LPC*.

num_lpc_indices: Это поле содержит число кодов упакованного *LPC*. Для процесса декодирования широкополосного *LSP* *num_lpc_indices* устанавливается 10.

nrof_subframes: Это поле содержит число подфреймов.

Элементы справки, используемые в процессе декодирования широкополосного *LSP*:

<i>lsp_tb1[][][]</i>	таблицы поиска для первой стадии процесса декодирования
<i>d_tb1[][][]</i>	таблицы поиска для второй стадии процесса декодирования <i>VQ</i> без межфреймового предсказания
<i>pd_tb1[][][]</i>	таблицы поиска для второй стадии процесса декодирования <i>VQ</i> с межфреймовым предсказанием
<i>dim[][]</i>	размерности для квантования расщепленного вектора
<i>sign</i>	знак кодового вектора для второй стадии процесса декодирования
<i>idx</i>	распакованный индекс для второй стадии процесса декодирования
<i>lsp_first[]</i>	<i>LSPs</i> , декодированные на первой стадии процесса декодирования
<i>lsp_previous[]</i>	<i>LSPs</i> , декодированные в предыдущем фрейме
<i>lsp_predict[]</i>	<i>LSPs</i> , предсказанные из <i>lsp_previous[]</i> и <i>lsp_first[]</i>
<i>lsp_current[]</i>	<i>LSPs</i> , декодированные в текущем фрейме
<i>lsp_current_lower[]</i>	нижняя часть текущих <i>LSPs</i>
<i>lsp_current_upper[]</i>	верхняя часть текущих <i>LSPs</i>
<i>lsp_subframe[][]</i>	<i>LSPs</i> , интерполированные в каждом подфрейме
<i>ratio_predict</i>	коэффициент для предсказания <i>lsp_predict[]</i>
<i>ratio_sub</i>	коэффициент интерполяции для вычисления <i>lsp_subframe[][]</i>
<i>min_gap</i>	минимальное расстояние между смежными <i>LSPs</i>
<i>Convert2lpc()</i>	функция для преобразования <i>LSPs</i> в <i>LPCs</i>

5.6.2.3 Процесс декодирования

Процесс декодирования *LSP* для поиска интерполированных коэффициентов *LPC* для каждого подфрейма описан ниже.

5.6.2.3.1 Преобразование индексов в *LSPs*

Используя тот же способ, что и в процессе декодирования узкополосного *LSP*, декодируются двухступенчатый процессом декодирования *LSPs* текущего фрейма (*lsp_current[]*), которые закодированы разбиением и двухступенчатым векторным квантованием.

Сначала декодируется нижняя часть текущих *LSPs* *lsp_current_lower[]*. Размерность каждого вектора описана в таблице 80 и таблице 81. *lpc_indices*[0], [1] и *lpc_indices*[2],[3] представляют индексы для первой и второй стадии, соответственно.

Т а б л и ц а 80 — Размерность вектора *LSP* первой стадии

Индекс вектора разбиения. <i>i</i>	Размерность вектора: <i>dim</i> [0][<i>i</i>]
0	5
1	5

Т а б л и ц а 81 — Размерность вектора *LSP* второй стадии

Индекс вектора разбиения. <i>i</i>	Размерность вектора. <i>dim</i> [1][<i>i</i>]
0	5
1	5

В первой стадии вектор *LSP* первой стадии *lsp_first[]* декодируется путем просмотра таблицы *lsp_tbl[][][]*.

```
for (i = 0; i < dim[0][0]; i++)
{
    lsp_first[i] = lsp_tbl[0][lpc_indices[0]][i];
}
for (i = 0; i < dim[0][1]; i++)
{
    lsp_first[dim[0][0]+i] =
    lsp_tbl[1][lpc_indices[1]][i];
}
```

Во второй стадии *lpc_indices [4]* указывает, какой процесс должен быть выбран (см. таблицу 82).

Т а б л и ц а 82 — Процесс декодирования для второй стадии

Индекс LPC: <i>lpc_indices[4]</i>	Процесс декодирования
0	VQ без межфреймового предсказания
1	VQ с межфреймовым предсказанием

Процесс декодирования VQ без межфреймового предсказания

Чтобы получить *LSPs* текущего фрейма *lsp_current_lower[]*, декодированные векторы второй стадии добавляются к декодированному вектору *LSP*, *lsp_first_lower[]*. *MCB lpc_indices[]* представляет знак декодированного вектора, а остальные биты представляют индекс для таблицы *d_tbl[][][]*.

```
sign = lpc_indices[2] >> 6;
idx = lpc_indices[2] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_lower[i] = lsp_first[i] + d_tbl[0][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_lower[i] = lsp_first[i] - d_tbl[0][idx][i];
    }
}
sign = lpc_indices[3] >> 6;
idx = lpc_indices[3] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_lower[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] +
        d_tbl[1][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_lower[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] -
        d_tbl[1][idx][i];
    }
}
```

Процесс декодирования VQ с межфреймовым предсказанием

Чтобы получить *LSPs* текущего фрейма *lsp_current_lower[]*, к вектору *LSP lsp_predict[]* добавляются декодированные векторы второй стадии, которые предсказаны из декодированных *LSPs* предыдущего фрейма *lsp_previous[]* и декодированного вектора *LSP* первой стадии *lsp_first[]*. Таким же образом как в процессе декодирования VQ без межфреймового предсказания, *MCB lpc_indices[]* представляет знак декодированного вектора, а остающиеся биты представляют индекс для таблицы *pd_tbl[][]*.

```
for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{
    lsp_predict[i] = (1 - ratio_predict) * lsp_first[i] + ratio_predict * lsp_previous[i];
}
```

где *ratio_predict* = 0,5

```
sign = lpc_indices[2] >> 6;
idx = lpc_indices[2] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_lower[i] = lsp_predict[i] + pd_tbl[0][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_lower[i] = lsp_predict[i] - pd_tbl[0][idx][i];
    }
}
sign = lpc_indices[3] >> 6;
idx = lpc_indices[3] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_lower[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] + pd_tbl[1][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_lower[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] - pd_tbl[1][idx][i];
    }
}
```

Затем, декодируется верхняя часть текущих *LSPs* тем же способом как в процессе декодирования нижней части. Размерность каждого вектора описана в таблице 83 и таблице 84. *lpc_indices[5],[6]* и *lpc_indices[7],[8]* представляют индексы для первой и второй стадии соответственно.

Т а б л и ц а 83 — Размерность вектора *LSP* первой стадии

Индекс вектора разбиения: <i>i</i>	Размерность вектора: <i>dim[0][i]</i>
0	5
1	5

Т а б л и ц а 84 — Размерность вектора *LSP* второй стадии

Индекс вектора разбиения: <i>j</i>	Размерность вектора: <i>dim[1][j]</i>
0	5
1	5


```

For (i = 0; i < dim[0][0]; i++)
{
    lsp_first[i] = lsp_tbl[0][lpc_indices[5]][i];
}
for (i = 0; i < dim[0][1]; i++)
{
    lsp_first[dim[0][0]+i] =
    lsp_tbl[1][lpc_indices[6]][i];
}

```

Во второй стадии *lpc_indices* [9] указывает, какой процесс должен быть выбран (см. таблицу 85).

Т а б л и ц а 85 — Процесс декодирования для второй стадии

Индекс LPC: <i>lpc_indices</i> [9]	Процесс декодирования
0	VQ без межфреймового предсказания
1	VQ с межфреймовым предсказанием

Процесс декодирования VQ без межфреймового предсказания

```

sign = lpc_indices[7] >> 6;
idx = lpc_indices[7] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_upper[i] = lsp_first[i] + d_tbl[0][idx][i];
    }
}
Else
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_upper[i] = lsp_first[i] - d_tbl[0][idx][i];
    }
}
sign = lpc_indices[8] >> 4;
idx = lpc_indices[8] & 0x0f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_upper[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] +
        d_tbl[1][idx][i];
    }
}
Else
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_upper[dim[1][0]+i] = lsp_first[dim[1][0]+i] -
        d_tbl[1][idx][i];
    }
}
Процесс декодирования VQ с межфреймовым предсказанием
for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{

```

```

    lsp_predict[i]=(1-
ratio_predict)*lsp_first[i]+ratio_predict*lsp_previous [(pc_orde
r/2+i)];
}
где ratio_predict = 0.5
sign = lpc_indices[7] >> 6;
idx = lpc_indices[7] & 0x3f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_upper[i] = lsp_predict[i] + pd_tbl[0][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][0]; i++)
    {
        lsp_current_upper[i] = lsp_predict[i] - pd_tbl[0][idx][i];
    }
}
sign = lpc_indices[8] >> 4;
idx = lpc_indices[8] & 0x0f;
if (sign == 0)
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_upper[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] +
pd_tbl[1][idx][i];
    }
}
else
{
    for (i = 0; i < dim[1][1]; i++)
    {
        lsp_current_upper[dim[1][0]+i] = lsp_predict[dim[1][0]+i] -
pd_tbl[1][idx][i];
    }
}

```

Наконец декодированные LSPs *lsp_current_lower* и *lsp_current_upper* объединяются и сохраняются в массиве *lsp_current*.

```

for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{
    lsp_current[i] = lsp_current_lower[i];
}
for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{
    lsp_current[lpc_order/2 + i] = lsp_current_upper[i];
}

```

5.6.2.4 Стабилизация LSPs

Декодированные LSPs *lsp_current* стабилизируются, чтобы гарантировать стабильность фильтра синтеза LPC, который получен из декодированных LSPs. Декодированные LSPs упорядочены в порядке возрастания, имея расстояние между смежными коэффициентами, по крайней мере, *min_gap*.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    if (lsp_current[i] < min_gap)
    {

```

```

    lsp_current[i] = min_gap;
  }
}
for (i = 0; i < lpc_order - 1; i++)
{
  if (lsp_current[i+1] - lsp_current[i] < min_gap)
  {
    lsp_current[i+1] = lsp_current[i] + min_gap;
  }
}
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  if (lsp_current[i] > 1 - min_gap)
  {
    lsp_current[i] = 1 - min_gap;
  }
}
for (i = lpc_order - 1; i > 0; i--)
{
  if (lsp_current[i] - lsp_current[i-1] < min_gap)
  {
    lsp_current[i-1] = lsp_current[i] - min_gap;
  }
}

```

где $lpc_order = 20$ и $min_gap = 1.0/256.0$

5.6.2.5 Интерполяция LSPs

Декодированные LSPs $lsp_current[]$ интерполированы линейно в каждом подфрейме, используя LSPs предыдущего фрейма $lsp_previous[]$.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
  ratio_sub = (n+1)/nrof_subframes
  for (i = 0; i < lpc_order; i++)
  {
    lsp_subframe[n][i] = ((1 -
ratio_sub)*lsp_previous[i] + ratio_sub*lsp_current[i]);
  }
}

```

5.6.2.6 Преобразование LSP в LPC

Интерполированные LSPs преобразуются в LPCs с использованием вспомогательной функции $Convert2lpc()$.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
  Convert2lpc (lpc_order, lsp_subframe[n],
int_Qlpc_coefficients + n*lpc_order);
}

```

5.6.2.7 Сохранение коэффициентов

После вычисления коэффициентов LPC текущие LSPs должны быть сохранены в памяти, так как они используются для интерполяции в следующем фрейме.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = lsp_current[i];
}

```

Сохраненные LSPs $lsp_previous[]$ должны быть инициализированы как описано ниже, когда инициализируется весь декодер.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = (i+1) / (lpc_order+1);
}

```

5.6.3 Инструмент декодирования масштабируемого по полосе пропускания LSP-VQ

5.6.3.1 Описание инструмента

Инструмент декодирования масштабируемого по полосе пропускания LSP-VQ используется, чтобы добавить масштабируемость полосы пропускания к кодеру режима II. В инструменте декодирования масштабируемого по полосе пропускания LSP-VQ декодирующий инструмент, инструмент расширения полосы пропускания соединен с инструментом декодирования узкополосного LSP-VQ. Коэффициенты LPC для каждого подфрейма восстанавливаются путем поиска *lpc_indices*[] и преобразовывая декодированные LSPs в узкополосном режиме.

5.6.3.2 Определения

Вход

lpc_indices []: Размерность этого массива равна *num_lpc_indices*, содержит упакованные индексы lpc.

lsp_current []: Этот массив содержит декодированные параметры LSP, которые нормализованы в диапазоне от нуля до *PI*, в инструменте декодирования узкополосного LSP. Эти параметры получены как промежуточные параметры в процессе декодирования узкополосного LSP, описанном в 5.6.1 и переданным в инструмент декодирования масштабируемого по полосе пропускания LSP.

Выход

int_Qlpc_coefficients []: Этот массив содержит коэффициенты LPC для каждого подфрейма. Коэффициенты LPC декодируются и интерполируются, как описано в процессе декодирования. Коэффициенты LPC расположены в стеке один за другим в блоках *lpc_order*. Таким образом, размерность массива — *lpc_order* * *nrof_subframes*.

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок используемого LPC.

num_lpc_indices: Это поле содержит число кодов упакованного LPC. Для процесса декодирования LSP с масштабируемой полосой пропускания *num_lpc_indices* устанавливается в 11.

nrof_subframes: Это поле содержит число подфреймов.

nrof_subframes_bws: Этот параметр, который является переменной справки, представляет число подфреймов в инструменте расширения полосы пропускания.

Следующие элементы справки используются в процедуре декодирования

<i>lsp_bws_tbl</i> [][][]	таблицы поиска для процесса декодирования LSP с масштабируемой полосой пропускания
<i>lsp_bws_buf</i> [][]	буфер, содержащий остаток предсказания LSP
<i>bws_ma_prdct</i> [][]	коэффициенты для предсказания скользящего среднего значения
<i>bws_nw_prdct</i> [][]	коэффициенты предсказания для преобразования для LSPs из узкополосных в широкополосные
<i>lsp_current</i> [][]	декодированные LSPs в узкополосном кодере CELP
<i>lsp_bws_current</i> [][]	декодированные LSPs в текущем фрейме в инструменте расширения полосы пропускания
<i>lsp_bws_previous</i> [][]	декодированные LSPs в предыдущем фрейме в инструменте расширения полосы пропускания
<i>lpc_order_bws</i>	порядок LPC в инструменте расширения полосы пропускания (=20). Это удвоенный <i>lpc_order</i> в узкополосном CELP.

5.6.3.3 Процесс декодирования

Коэффициенты LPC в каждом подфрейме воспроизводятся, используя *lpc_indices* [5],..., *lpc_indices*[10] и текущие LSPs (*lsp_current*[]) для узкополосного кодера CELP. Процедура декодирования состоит из трех шагов, декодирования LSPs в последнем подфрейме, интерполяции для других подфреймов и преобразования LSPs в коэффициенты LPC.

Процесс декодирования инструмента расширения полосы пропускания для параметров LSP.

Модуль межфреймового предсказания производит оценку параметров LSP, преобразовывая декодированные параметры LSP (*lsp_current*[]) в инструменте декодирования узкополосного LSP-VQ. Оцениваемые остаточные параметры LSP декодируются из *lpc_indices*[] посредством межфреймового предсказания скользящего среднего значения (MA).

LSPs в последнем подфрейме (*lsp_bws_current*[]) для инструмента расширения полосы пропускания восстанавливаются просмотром таблицы и предсказанием следующим образом:

```
for (i = 0; i < 5; i++)
{
    lsp_bws_buf[0][i]=lsp_bws_tbl[0][lpc_indices[5]][i]+lsp_bws_tbl[2][lpc_indices[7]][i];
```

```

}
for (i = 5; i < 10; i++)
{
    lsp_bws_buf[0][i]=lsp_bws_tbl[0][lpc_indices[5]][i]+lsp_bws_tbl[3][lpc_indices[8]][i-5];
}
for (i = 10; i < 15; i++)
{
    lsp_bws_buf[0][i]=lsp_bws_tbl[1][lpc_indices[6]][i-10]+lsp_bws_tbl[4][lpc_indices[9]][i-10];
}
for (i = 15; i < 20; i++)
{
    lsp_bws_buf[0][i]=lsp_bws_tbl[1][lpc_indices[6]][i-10]+lsp_bws_tbl[5][lpc_indices[10]][i-15];
}
for (n = 0; n <= 2; n++)
{
    for (i = 0; i < 20; i++)
    {
        lsp_bws_current[i] += bws_ma_prdct[n][i]*lsp_bws_buf[n][i];
    }
}
for (i = 0; i < 10; i++)
{
    lsp_bws_current[i] += bws_nw_prdct[i]*lsp_current[i];
}

```

где $lsp_bws_tbl[][][]$ являются книгами шифров LSP , $bws_ma_prdct[][]$ и $bws_nw_prdct[]$ являются коэффициентами предсказания для скользящего среднего значения межфреймового предсказания и внутрифреймового предсказания, соответственно. $lsp_bws_buf[][]$ является буфером, содержащим остаток предсказания LSP в текущем фрейме и предыдущих двух. Этот буфер сдвигается для работы следующего фрейма следующим образом:

```

for (n = 2, n > 0; n- -)
{
    for (i = 0; i < 20; i++)
    {
        lsp_bws_buf[n][i] = lsp_bws_buf[n-1][i];
    }
}

```

Декодированные LSP s $lsp_bws_current[]$ стабилизируются, чтобы гарантировать стабильность фильтра синтеза LPC , который получен из декодированных LSP s. Декодированные LSP s упорядочены в порядке возрастания, имея расстояние между смежными коэффициентами, по крайней мере, min_gap .

```

for (i = 0; i < lpc_order_bws; i++)
{
    if (lsp_bws_current[i] < 0.0 || lsp_bws_current[i] > PAI)
    {
        lsp_bws_current[i] = 0.05 + PAI * i / lpc_order_bws;
    }
}
for (i = (lpc_order_bws-1); i > 0; i- -)
{
    for (j = 0; j < i; j++)
    {
        if (lsp_bws_current[j] + min_gap > lsp_bws_current[j+1])
        {
            tmp = 0.5 * (lsp_bws_current[j] + lsp_bws_current[j+1]);
            lsp_bws_current[j] = tmp - 0.51 * min_gap;
            lsp_bws_current[j+1] = tmp + 0.51 * min_gap;
        }
    }
}

```

```

    }
  }
  где  $PAI = 3,141592$  и  $min\_gap = 0,028$ .
  Интерполяция параметров LSP
  Декодированные LSPs линейно интерполируются в каждом подфрейме.
  for (n = 0; n < nrof_subframes_bws; n++)
  {
    ratio_sub = (n+1)/nrof_subframes_bws;
    for (i = 0; i < 2*lpc_order; i++)
    {
      lsp_bws_subframe[n][i] = ((1-ratio_sub)*lsp_bws_previous[i] + ratio_sub*lsp_bws_current[i]);
    }
  }
  for (i = 0; i < 2*lpc_order; i++)
  {
    lsp_bws_previous[i] = lsp_bws_subframe[nrof_subframes_bws-1][i];
  }
  Преобразование LSPs в коэффициенты LPC
  Интерполированные LSPs преобразуются в коэффициенты LPC в каждом подфрейме.
  for (n = 0; n < nrof_subframes_bws; n++)
  {
    Convert2lpc (lpc_order_bws,lsp_bws_subframe[n],&int_Qlpc_coefficients[n]*lpc_order_bws);
  }

```

5.6.4 Управление скоростью в инструменте декодирования LSP

5.6.4.1 Описание инструмента

Управление скоростью возможно с помощью инструмента декодирования LSP. Если используется FRC, во входные параметры включаются два дополнительных параметра *interpolation_flag* и *LPC_present*. Процесс декодирования узкополосного LSP выполняется, если в текущем фрейме присутствуют *lpc_indices[]* (*LPC_present* = YES).

5.6.4.2 Определения

Вход

lpc_indices[]. Размерность этого массива равна *num_lpc_indices* и содержит индексы LPC.

interpolation_flag: Это однобитовый флажок. Когда он установлен, флажок указывает, что рассматриваемый фрейм является неполным фреймом, то есть фрейм не несет коэффициенты LPC текущего речевого фрейма, а только его параметры возбуждения (параметры адаптивной и фиксированной книги шифров). Коэффициенты LPC для рассматриваемого речевого фрейма должны быть получены, используя интерполяцию коэффициентов LPC смежных фреймов.

1 коэффициенты LPC фрейма должны быть найдены интерполяцией

0 коэффициенты LPC фрейма не нужно интерполировать.

Для того чтобы поддержать хорошее субъективное качество, никогда не должно быть более одного фрейма подряд без информации LPC, то есть, *interpolation_flag* не может иметь значения 1 в двух последовательных *CelpFrames*.

LPC_Present — Это поле указывает присутствие параметров LPC в рассматриваемом речевом фрейме. Эти коэффициенты LPC принадлежат текущему речевому фрейму или последующему фрейму. Когда используются в комбинации с *interpolation_flag* эти два параметра полностью описывают, как получены коэффициенты LPC текущего фрейма. Если установлен флажок интерполяции, коэффициенты LPC текущего фрейма вычисляются при использовании коэффициентов LPC предыдущего и следующего фрейма. Это означает, что декодирование текущего фрейма должно быть отсрочено на один фрейм. Чтобы избежать этой дополнительной задержки в декодере, коэффициенты LPC следующего фрейма включены в текущий фрейм. В этом случае установлен флажок *LPC_Present*. Так как коэффициенты LPC следующего фрейма уже присутствуют в текущем фрейме, следующий фрейм не будет содержать информацию LPC.

Если *interpolation_flag* равен "1" и *LPC_Present* равно "1", то (а) параметры LPC текущего фрейма получают, используя параметры LPC предыдущего фрейма и параметры следующего фрейма, и (б) текущий фрейм (фрейм на рассмотрении) переносит параметры LPC последующего фрейма, но не такие, как для рассматриваемого фрейма. Коэффициенты LPC рассматриваемого фрейма получают интерполяцией ранее полученных параметров LPC и параметров LPC, полученных в рассматриваемом фрейме.

Если *interpolation_flag* равен "0" и *LPC_Present* равно "0", параметры *LPC*, которые будут использоваться с рассматриваемым фреймом, получены в предыдущем фрейме.

Когда *interpolation_flag* "0" и *LPC_Present* равно "1", тогда текущий фрейм является полным фреймом, и параметры *LPC*, полученные в текущем фрейме, принадлежат текущему фрейму.

Такая конструкция выбрана для того, чтобы минимизировать задержку, когда декодер начинает восстанавливать фрейм, коэффициенты *LPC* которого получены, используя интерполяцию, не имея необходимости ждать прибытия следующего фрейма. Такая комбинация позволяет декодировать поток бит от любого пункта (произвольный доступ). В конфигурации с фиксированной битовой скоростью эти два флага показывают фиксированный шаблон

01, 01, 01, 01, 01, 01, ... строка 01 повторяется

11, 00, 11, 00, 11, 00, ... строка 11, 00 повторяется (фиксированная битовая скорость достигается на протяжении двух фреймов)

Для переменной битовой скорости (когда *FineRateControl* = ON) строка обычно не будет содержать фиксированный шаблон.

Выход

int_Qlpc_coefficients[]: Этот массив содержит коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма. Коэффициенты *LPC* декодируются и интерполируются, как описано в процессе декодирования.

5.6.4.3 Процесс декодирования

Если *interpolation_flag* установлен, декодированные в текущем фрейме *LSPs* принадлежат следующему фрейму, а *LSPs* для текущего фрейма вычисляются линейной интерполяцией *LSPs* соседних фреймов.

Если *interpolation_flag* не установлен и *lpc_indices[]* присутствуют в текущем фрейме, вычисленные коэффициенты принадлежат текущему фрейму, и интерполяцию выполнять не нужно.

Если *interpolation_flag* не установлен и *lpc_indices[]* отсутствует в текущем фрейме, *LSPs* для текущего фрейма уже получены в предыдущем фрейме. Поэтому *LSPs*, полученные в предыдущем фрейме, копируются и используются в текущем фрейме.

5.7 Генератор возбуждения CELP

Генератор возбуждения *CELP* генерирует сигнал возбуждения для одного подфрейма из полученных индексов, используя процесс возбуждения регулярным импульсом (*RPE*) или процесс мультиимпульсного возбуждения (*MPE*) в зависимости от режима кодирования (см. таблицу 86).

Т а б л и ц а 86 — Инструменты генерации возбуждения

Режим кодирования	Частота дискретизации	Инструмент
<i>Mode I</i>	16 кГц	<i>RPE</i>
<i>Mode II</i>	8, 16 кГц	<i>MPE</i>
	8, 16 кГц	<i>MPE</i> с масштабируемой битовой скоростью
	8/16 кГц (<i>BWS</i>)	<i>MPE</i> с масштабируемой полосой

5.7.1 Инструмент возбуждения регулярным импульсом

5.7.1.1 Описание инструмента

Сигнал возбуждения создается из периодического компонента (вклад адаптивной книги шифров) и непериодического компонента (вклад *RPE*), масштабированных их соответствующими усилениями. Используя *shape_delay[sub_frame]* и *gain_indices[0][sub_frame]*, вычисляется вклад адаптивной книги шифров. Вклад *RPE* вычисляется путем использования *shape_index[sub_frame]* и *gain_indices[1][sub_frame]*. Для ясности индексация, основанная на *sub_frame*, опущена. Процесс генерации возбуждения повторяется каждый подфрейм.

5.7.1.2 Определения

Вход

shape_delay[]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит задержку адаптивной книги шифров.

shape_index[]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит индекс книги шифров *RPE*.

gain_indices[0][]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит индекс усиления адаптивной книги шифров.

gain_indices[1][]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит усиление книги шифров *RPE*.

Выход

excitation[]: Этот массив имеет размерность *sbfm_size* и содержит сигнал возбуждения. Этот сигнал восстановлен из векторов формы и усиления, используя адаптивные и фиксированные книги шифров.

lag: Это поле содержит декодированную задержку (период шага) для адаптивного codevector.

adaptive_gain: Эта область содержит декодированное усиление для адаптивного codevector.

Конфигурация

sbfm_size: Это поле указывает число отсчетов в подфрейме.

nrof_subframes: Это поле указывает число подфреймов.

Дополнительные элементы, используемые в режиме возбуждения *RPE*, следующие:

<i>tbl_cba_gain[]</i>	таблица поиска для усиления адаптивной книги шифров
<i>tbl_cbf_gain[]</i>	таблица поиска для усиления фиксированной книги шифров
<i>tbl_cbf_gain_diff[]</i>	таблица поиска для разницы усиления фиксированной книги шифров
<i>cba[]</i>	адаптивная книга шифров
<i>prev_Gf</i>	усиление фиксированной книги шифров предыдущего подфрейма

5.7.1.3 Процесс декодирования

5.7.1.3.1 Декодер формы

Этот блок описывает извлечение запаздывания адаптивной книги шифров и параметров *RPE*. Задержка адаптивной книги шифров получается из *shape_delay* следующим образом:

$lag = L_{max} - L_{min} - shape_delay,$

где L_{max} и L_{min} — максимальная и минимальная задержка, соответственно, равные 295 и 40.

Коэффициент уменьшения D и число импульсов N_p сведены в таблицу.

Параметры *RPE*, а именно, фаза *RPE* (*rpe_phase*) и амплитуды *RPE* (*rpe_amps*) получают следующим образом:

```

rpe_index = shape_index;
rpe_phase = rpe_index MOD D;
rpe_index = rpe_index / D;
for (n = Np - 1; n >= 0; n--)
{
    rpe_amps[n] = (rpe_index MOD 3) - 1;
    rpe_index = rpe_index / 3;
}

```

5.7.1.3.2 Декодер усиления

Этот блок извлекает скалярное квантованное усиление адаптивной и фиксированной книг шифров из индексов усиления. Усиление адаптивной книги шифров G_a определяется поиском *cba_gain[]* в таблице (см. таблицу 88):

```

if (gain_indices[0] > 31)
{
    Ga = -1 * cba_gain[((64 - gain_indices[0]) - 1)];
}
Else
{
    Ga = cba_gain[gain_indices[0]];
}

```

Декодирование усиления фиксированной книги шифров зависит от рассматриваемого подфрейма. Для поиска усиления фиксированной книги шифров G_f используется вектор усиления. Для первого подфрейма во фрейме усиление декодируется с:

$G_f = cbf_gain[gain_indices[1]],$

где *cbf_gain[]* дается в таблице 89. Для всех последующих подфреймов усиление декодируется, используя *cbf_gain_diff[]*, представленный в таблице 90:

$G_f = cbf_gain_diff[gain_indices[1]] * prev_Gf,$

где *prev_Gf* — декодированное усиление предыдущих подфреймов.

5.7.1.3.3 Генерация адаптивной книги шифров

Сначала будет описана генерация сигнала возбуждения, обусловленная адаптивной книгой шифров. Возбуждение для адаптивной книги шифров $ya[n]$ вычисляется, используя вектор формы:

```
for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    ya[n] = cba[lag + n];
}
```

5.7.1.3.4 Генерация фиксированной книги шифров

Возбуждение для фиксированной книги шифров вычисляется в два шага. Чтобы генерировать фиксированную книгу шифров, также нужны два дополнительных параметра, а именно, D (интервал импульса или коэффициент уменьшения) и Np (число импульсов).

Эти значения зависят от битовой скорости и сведены в таблицу 87.

Т а б л и ц а 87 — Распределение интервала импульса и числа импульсов в RPE

RPE_Configuration	D	Np
0	8	5
1	8	5
2	5	6
3	4	6
4.....7	Зарезервировано	

Когда фаза и амплитуды известны, амплитуды помещают в регулярную сетку. У амплитуд может быть 3 различных значения: -1, 0 и 1. Возбуждение для фиксированной книги шифров, yf , вычисляется, используя RPE-формулу:

```
for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    yf[n] = 0;
}
for (n = 0; n < Np; n++)
{
    yf[phase + D*n] = amp[n];
}
```

5.7.1.3.5 Генерация возбуждения

Возбуждение является суммой адаптивного и фиксированного возбуждения, умноженных на соответствующие усиления:

```
for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    excitation[n] = Ga * ya[n] + Gf * yf[n];
}
```

Должна быть обновлена адаптивная книга шифров, используя возбуждение. Это делается путем сдвига адаптивной книги шифров на $sbfrm_size$ входов, заполняя пустые входы вычисленным возбуждением.

```
for (n = sbfrm_size; n < Lmax; n++)
{
    cba[n-sbfrm_size] = cba[n];
}
for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    cba[Lmax-1-n] = excitation[sbfrm_size - 1 - n];
}
```

Адаптивная книга шифров инициализируется заполнением ее нулями.

Представления для усиления книги шифров даны в таблице 88, таблице 89 и таблице 90.

Т а б л и ц а 88 — Таблица представления для усиления адаптивной книги шифров

Масштабный коэффициент: 2^{17}

Индекс	<i>cba_gain</i>
0	12386
1	27800
2	38483

Индекс	<i>cba_gain</i>
3	471471
4	548272
5	61669

Масштабный коэффициент: 2^{15}

Индекс	<i>cba_gain</i>
6	16993
7	18520
8	20021
9	21493
10	22938
11	24396
12	25834
13	27292
14	28767

Индекс	<i>cba_gain</i>
15	318778
16	302847
17	336079
18	3555010
19	3780811
20	4061312
21	4412213
22	4884714
23	55745

Масштабный коэффициент: 2^8

Индекс	<i>cba_gain</i>
24	528
25	727
26	1388
27	2777

Индекс	<i>cba_gain</i>
28	5553
29	11107
30	22214
31	44426

Т а б л и ц а 89 — Таблица представления для усиления фиксированной книги шифров

Масштабный коэффициент: 2^{12}

Индекс	<i>cba_gain</i>
0	8192
1	11578
2	14877
3	19909

Индекс	<i>cba_gain</i>
4	265731
5	343242
6	441603
7	55564

Масштабный коэффициент: 2^9

Индекс	<i>cba_gain</i>
8	8739
9	10823
10	13458
11	16451
12	19978
13	24039

Индекс	<i>cba_gain</i>
14	28624
15	33682
16	39118
17	45372
18	52626
19	60243

Окончание таблицы 89

Масштабный коэффициент: 2¹⁵

Индекс	<i>cba_gain</i>
20	4327
21	4954
22	5700
23	6551
24	7649
25	8977

Индекс	<i>cba_gain</i>
26	10689
27	13066
28	16183
29	21291
30	32832
31	Зарезервирован

Т а б л и ц а 90 — Таблица представления для дифференциала усиления фиксированной книги шифров

Масштабный коэффициент: 2¹³

Индекс	<i>cba_gain</i>
0	819
1	3205
2	5418
3	7335

Индекс	<i>cba_gain</i>
4	9544
5	12763
6	22118
7	53248

5.7.2 Инструмент генерации мультимпульсного возбуждения

5.7.2.1 Описание инструмента

Процесс генерации возбуждения повторяется каждый подфрейм. Сигнал возбуждения создается из периодического компонента (вектор адаптивной книги шифров) и непериодического компонента (вектор фиксированной книги шифров), масштабированных их соответствующими усилениями. Векторы адаптивной и фиксированной книги шифров декодированы из *shape_delay*, *shape_positions* и *shape_signs*. Усиления декодируются исходя из трех типов индексов *signal_mode*, *rms_index* и *gain_index*.

5.7.2.2 Определения

Вход

shape_delay[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит задержку адаптивной книги шифров

shape_positions[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит позиции импульса

shape_signs[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит знаки импульса

gain_index[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes* и содержит индекс усиления адаптивной книги шифров и индекс усиления фиксированной книги шифров

rms_index: Это поле определяет индекс для мощности сигнала

signal_mode: Это поле содержит флажок голосовой/неголосовой

int_Qlpc_coefficients[]): Это — массив размерности *lpc_order*, содержит коэффициенты квантованного и интерполированного LPC одного подфрейма.

Выход

excitation[]): Этот массив имеет размерность *sbfrm_size* и содержит сигнал возбуждения. Этот сигнал реконструируется из векторов формы и усиления, используя адаптивные и фиксированные книги шифров

acb_delay: Это поле содержит декодированную задержку для адаптивного *codevector*

adaptive_gain: Это поле содержит декодированное усиление для адаптивного *codevector*.

Конфигурация

lpc_order Это поле указывает порядок LPC, который используется

sbfrm_size Это поле указывает число отсчетов в подфрейме

nrof_subframes Это поле указывает число подфреймов.

Дополнительные элементы, используемые в инструменте MPE, следующие:

pacb[]) таблица поиска возбуждения для периодического компонента

pos_tbi[]) таблица поиска возбуждения для непериодического компонента

acb[]) декодированный сигнал возбуждения как периодический компонент

<i>fcbl</i>	декодированный сигнал возбуждения как непериодический компонент
<i>ga</i>	декодированное усиление для периодического компонента
<i>gf</i>	декодированное усиление для непериодического компонента
<i>qxnorm</i>	декодированные среднеквадратические значения речевого сигнала
<i>par</i>	коэффициенты отражения, преобразованные из <i>int_Qlpc_coefficients</i>
<i>acb_energy</i>	энергия <i>acb</i>
<i>fcbl_energy</i>	энергия <i>fcbl</i>
<i>acb_delay</i>	целая часть задержки шага
<i>acb_frac</i>	дробная часть задержки шага

5.7.2.3 Процесс декодирования

5.7.2.3.1 Декодирование *signal_mode*

Signal_mode (режим сигнала) представляет собой один из четырех режимов для каждого фрейма. Режимы 0 и 1 соответствуют неголосовому фрейму и фрейму перехода. Режимы 2 и 3 соответствуют голосовым фреймам, а последний указывает более высокую периодичность шага, чем первый. Эта информация используется в декодировании энергии фрейма, мультиимпульсного возбуждения и усиления.

5.7.2.3.2 Декодирование энергии фрейма

Среднеквадратическое значение (*rms*) в последнем подфрейме восстанавливается, используя *signal_mode* и *rms_index*. Значение *rms* декодировано в шкале μ — характеристики. Параметры μ — характеристики зависят от *signal_mode*. Среднеквадратические значения других подфреймов получают линейной интерполяцией декодированных среднеквадратических значений в последнем подфрейме текущего и предыдущего фреймов. Квантованные значения *rms* используются для процесса декодирования усиления.

```

delt = 1.0 / 64;
aa = 1.0 / log10(1.0 + mu_law);
bb = rms_max / mu_law;
pwk = aa * log10(1.0 + pqxnorm / bb);
qwk = delt*(rms_index+1);
for (i = 0; i < n_subframes; i++)
{
    nwk = (qwk-pwk)*(i+1)/n_subframes + pwk;
    qxnorm[i] = bb * (pow((double)10.0,(nwk/aa)) - 1.0);
}
pqxnorm = qxnorm [n_subframes-1];

```

Значение *rms_max* и *mu_law* показаны в таблице 91.

Таблица 91 — Значение *rms_max* и *mu_law*

<i>Signal_mode</i>	<i>rms_max</i>	<i>mu_law</i>
0	7932	1024
1, 2, 3	15864	512

5.7.2.3.3 Декодирование вектора адаптивной книги шифров

Целую и дробную части задержки шага получают из *shape_delay*. таблицы отображения между *shape_delay* и двумя частями задержки шага показаны в таблице 92 для частоты дискретизации 8 кГц и в таблице 93 для частоты дискретизации 16 кГц. Вектор адаптивной книги шифров *acb[n]* вычисляется интерполяцией прошлого сигнала возбуждения *racb[n]* в декодированной целой части задержки *acb_delay* и дробной части *acb_frac*. Интерполяция производится, используя FIR фильтр *int_fil[k]*, основанный на функции синхронизации с окном Хемминга. Если значение *shape_delay* равно 255 для частоты дискретизации 8 кГц или 511 для частоты дискретизации 16 кГц, выход *acb* состоит из отсчетов со всеми нулевыми значениями. Для других индексов выход *acb* вырабатывается следующей процедурой:

```

for (n = 0; n < sbfrm_size;)
{
    tt += acb_frac;
    kt = acb_delay + tt / 6;
}

```

```

tt = tt % 6;
for (i = 0; i < kt && n < sbfrm_size; i++, n++)
{
  for (k = -iftap; k <= iftap; k++)
  {
    kk = (k+1) * 6 - tt;
    acb[n] += int_fil[abs(kk)] * pacb[pacb_size-(kt-i+k+1)];
    pacb[pacb_size+n] = acb[n];
  }
}
}

```

где параметры справки *iftap* и *pacb_size* зависят от частоты дискретизации (см. таблицы 92, 93, 94).

Т а б л и ц а 92 — Отображение между *shape_delay* и задержкой шага для частоты дискретизации 8 кГц

<i>shape_delay</i>	<i>acb_delay</i>	<i>acb_frac</i>
0—161	$shape_delay/3+17$	$(2*shape_delay)\%6$
162—199	$(shape_delay-162)/2+71$	$(3*(shape_delay-162))\%6$
200—254	$shape_delay-200+90$	0
255	0	0

Т а б л и ц а 93 — Отображение между *shape_delay* и задержкой шага для частоты дискретизации 16 кГц

<i>shape_delay</i>	<i>acb_delay</i>	<i>acb_frac</i>
0—215	$shape_delay/3+20$	$(2*shape_delay)\%6$
216—397	$(shape_delay-216)/2+92$	$(3*(shape_delay-216))\%6$
398—510	$shape_delay-398+183$	0
511	0	0

Т а б л и ц а 94 — Число отводов фильтра интерполяции и размер адаптивной книги шифров

Частота дискретизации	Число отводов	<i>pacb_size</i>
8 кГц	6	150
16 кГц	11	306

5.7.2.3.4 Декодирование вектора фиксированной книги шифров

Вектор фиксированной книги шифров содержит несколько ненулевых импульсов и представлен позицией импульса и амплитудами импульса. Позиции импульса *pul_pos[i]* извлекаются из *shape_positions*. Амплитуды импульса *pul_amp[i]* получают из *shape_signs*.

```

for (i = num_pulse-1, k = 0; i >= 0; i--)
{
  for (j = 0; j < num_bit_pos[i]; j++)
  {
    pos_idx[i] |= ((shape_positions >> k) & 0x1) << j;
    k++;
  }
  pul_amp[i] = 1.0;
  if (((shape_signs >> (num_pulse-1-i)) & 0x1) == 1)
  {
    pul_amp[i] = -1.0;
  }
}

```

```

    pul_pos[i] = pos_tbl[i][pos_idx[i]];
}

```

где *num_pulse* — число импульсов, устанавливается из *MPE_Configuration* в зависимости от частоты дискретизации. *num_bit_pos[i]* — число битов для кодирования позиции *i*-го импульса. *pos_tbl[i][j]* является таблицей ограничения, которая указывает возможные позиции для каждого импульса. Таблица 95 указывает возможные позиции для каждого импульса. Таблица 96 устанавливается в соответствии с комбинацией *subfrm_size*, *num_pulse* и *num_bit_pos[i]* следующим образом:

```

step = subfrm_size / min_num_bit_pos;
for (i = 0; i < num_pulse; i++)
{
    m = 1 << (num_bit_pos[i] - min_num_bit_pos);
    for (j = 0, k = 0; k < m)
    {
        ch[j] = i;
        k++;
        j += (long)((float)step/m + 0.5);
        j = j % step;
    }
}
for (i = 0; i < num_pulse; i++)
{
    for (l = 0, k = 0; k < step; k++)
    {
        if (i == ch[k])
        {
            for (j = 0; j < min_num_bit_pos; j++)
            {
                pos_tbl[i][l++] = k + step * j;
            }
        }
    }
}
}

```

Т а б л и ц а 95 — Число импульсов для частоты дискретизации 8 кГц

<i>MPE_Con</i> <i>figuration</i>	<i>num_pulse</i>	<i>MPE_Con</i> <i>figuration</i>	<i>num_pulse</i>	<i>MPE_Con</i> <i>figuration</i>	<i>num_pulse</i>
0	3	10	10	20	11
1	4	11	11	21	12
2	5	12	12	22	8
3	5	13	4	23	9
4	6	14	5	24	10
5	7	15	6	25	11
6	6	16	7	26	12
7	7	17	8	27 ... 31	Зарезервировано
8	8	18	9		
9	9	19	10		

Т а б л и ц а 96 — Число импульсов для частоты дискретизации 16 кГц

<i>MPE_Con</i> <i>figuration</i>	<i>num_pulse</i>	<i>MPE_Con</i> <i>figuration</i>	<i>num_pulse</i>
0, 16	5	8, 24	3
1, 17	6	9, 25	4

Окончание таблицы 96

<i>MPE_Configuration</i>	<i>num_pulse</i>	<i>MPE_Configuration</i>	<i>num_pulse</i>
2, 18	7	10, 26	5
3, 19	8	11, 27	6
4, 20	9	12, 28	7
5, 21	10	13, 29	8
6, 22	11	14, 30	9
7, 23	Зарезервировано	15, 31	10

Позиции импульса, используемые в кодере режима II на 6 кбит/с для частоты дискретизации 8 кГц показаны в таблице 97.

Т а б л и ц а 97 — Позиции импульса для кодера на 6 кбит/с

<i>Pulse number: i</i>	<i>Num_bit_pos[i]</i>	Позиции импульса: <i>pos_tbi[i][j]</i>
0	4	0,5,10,15,20,25,30,35, 40,45,50,55,60,65,70,75
1	4	1,6,11,16,21,26,31,36, 41,46,51,56,61,66,71,76
2	4	2,7,12,17,22,27,32,37 42,47,52,57,62,67,72,77
3	3	3,13,23,33,43,53,63,73
4	3	4,14,24,34,44,54,64,74
5	3	8,18,28,38,48,58,68,78
6	3	9,19,29,39,49,59,69,79

Вектор фиксированной книги шифров *fcf[n]* подсчитывается из *pul_pos[i]* и *pul_amp[i]* следующим образом:

```

for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    fcf[n] = 0.0;
    for (i = 0; i < num_pulse; i++)
    {
        fcf[pul_pos[i]] = pul_amp[i];
    }
}

```

Если целочисленная задержка *acb_delay* меньше, чем размер подфрейма *sbfrm_size*, векторный сигнал фиксированной книги шифров *fcf[n]* изменяется гребенчатой фильтрацией *zero-state-combfiltering* следующим образом:

```

for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    if (n — acb_delayt >= 0)
    {
        ix = fcf[n — acb_delay];
    }
    else
    {
        ix = 0.0;
    }
    fcf[n] += cga[signal_mode] * ix;
}

```

где *cga* [4] = {0.0, 0.0, 0.6, 0.8} являются усилением гребенчатого фильтра.

5.7.2.3.5 Декодирование усиления адаптивной и фиксированной книг шифров

gain_index преобразуется в нормализованные усиления *nga*, *ngf* для векторов адаптивной и фиксированной книг шифров. Таблица усиления изменяется в соответствии с *signal_mode*, *sbfrm_size* и ча-

стотой дискретизации. Усиление адаптивной книги шифров ga и усиление фиксированной книги шифров gf вычисляются следующим образом:

```
ga = nga * sqrt(norm / acb_energy);
gf = ngf * sqrt(norm / fcb_energy);
```

где acb_energy и fcb_energy являются энергиями для векторов адаптивной книги шифров и фиксированной книги шифров соответственно. $norm$ — коэффициент нормализации.

```
norm = (qxnorm*subfrm_size)*(qxnorm*subfrm_size);
for(i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    norm *= (1 - par[i] * par[i]);
}
```

где $par[i]$ являются коэффициентами отражения и подсчитываются из LP коэффициентов $int_Qlpc_coefficients[]$. При этом $qxnorm$ является квантованной энергией подфрейма, которая декодируется из ms_index (см. 5.7.2.3.2).

5.7.2.3.6 Генерация сигнала возбуждения

Сигнал возбуждения ($excitation[]$) вычисляется суммированием $acb[]$ и $fcb[]$ масштабированных ga и gf соответственно.

```
for(i = 0; i < sbfrm_size; i++)
{
    excitation[i] = ga*acb[i] + gf*fcb[i];
}
```

5.7.2.3.7 Обновление адаптивной книги шрифтов

Адаптивная книга шифров обновляется для процесса декодирования в следующем фрейме сгенерированным сигналом возбуждения $excitation[]$ следующим образом:

```
for(i = 0; i < pacb_size - sbfrm_size; i++)
{
    pacb[i] = pacb[sbfrm_size+i];
}
for(i = 0; i < sbfrm_size; i++)
{
    pacb[pacb_size-sbfrm_size+i] = excitation[i];
}
```

5.7.3 Инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения с масштабируемой битовой скоростью

5.7.3.1 Описание инструмента

Декодер масштабируемой битовой скорости реализуется, используя инструмент мультиимпульсного возбуждения с масштабируемой битовой скоростью, который состоит из инструмента мультиимпульсного возбуждения и инструмента декодирования возбуждения расширения. Это расширение масштабируемости разрешено только для кодера режима II. Сигнал возбуждения расширения восстанавливается путем поиска $shape_enh_positions$, $shape_enh_signs$, $gain_enh_index$ и использования сигнала декодированного мультиимпульсного возбуждения в инструменте мультиимпульсного возбуждения.

5.7.3.2 Определения

Вход

$shape_delay[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит задержку адаптивной книги шифров

$shape_positions[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит позиции импульса

$shape_signs[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит знаки импульса

$shape_enh_positions[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит позиции импульса

$shape_enh_signs[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит знаки импульса

$gain_enh_index[]$: Этот массив имеет размерность $nrof_subframes$ и содержит индекс усиления

адаптивной книги шифров и индекс усиления фиксированной книги шифров

$int_Qlpc_coefficients[]$: Это массив размерности lpc_order содержит квантованные и интерполированные коэффициенты LPC одного подфрейма

Выход

$enh_excitation[]$: Этот массив имеет размерность $sbfrm_size$ и содержит сигнал возбуждения расширения. Этот сигнал реконструируется из векторов формы и усиления, используя фиксированную книгу шифров.

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок *LPC*, который используется

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в подфрейме

nrof_subframes: Это поле указывает число подфреймов

Дополнительные элементы, используемые в инструменте *MPE* с масштабируемой битовой скоростью, следующие:

pos_tbl[][] таблица поиска возбуждения для неперiodического компонента
enh_fcb[] декодированный сигнал возбуждения как неперiodический компонент
ge декодированное усиление для неперiodического компонента
enh_fcb_energy энергия *enh_fcb[]*

5.7.3.3 Процесс декодирования

5.7.3.3.1 Декодирование вектора фиксированной книги шифров расширения

Вектор фиксированной книги шифров расширения также состоит из нескольких ненулевых импульсов. Позиции импульса и амплитуды извлекаются из *shape_enh_positions*, *shape_enh_signs* тем же алгоритмом декодирования, что и фиксированной книги шифров. Векторы фиксированной книги шифров расширения *enh_fcb[n]* вычисляются из *pul_pos [i]* и *pul_amp [i]* следующим образом:

```
for (i = num_pulse_enh-1, k = 0; i >= 0; i--)
{
  for (j = 0; j < num_bit_pos[i]; j++) {
    pos_idx[i] |= ((shape_enh_positions >> k) & 0x1) << j;
    k++;
  }
  pul_amp[i] = 1.0;
  if (((shape_enh_signs >> (num_pulse_enh-1-i)) & 0x1) == 1)
  {
    pul_amp[i] = -1.0;
  }
  pul_pos[i] = pos_tbl[i][pos_idx[i]];
}

for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
  enh_fcb[n] = 0.0;
}
for (i = 0; i < num_pulse_enh; i++)
{
  enh_fcb[pul_pos[i]] = pul_amp[i];
}
```

Таблица 98 — Определение *num_pulse_enh*

<i>sbfrm_size</i>	<i>num_pulse_enh</i>
40	2
80	4

Таблица 98 позиций импульсов временно генерируется тем же самым алгоритмом декодирования, что и фиксированная книга шифров. Временная таблица позиций импульса изменяется следующим образом:

```
for (n = 0; n < num_enh; n++)
{
  for (i = num[n]-1, k = 0; i >= 0; i--)
  {
    pul_loc = 0;
    for (j = 0; j < bit_pos[i]; j++)
    {
      pul_loc |= ((idx[n] >> k) & 0x1) << j;
    }
  }
}
```

```

    k++;
}
pul_loc = chn_pos[i*len+pul_loc];
for (l = 0; l < 10; l++)
{
    for (m = 0; m < (1 << bit_pos_org[l]); m++)
    {
        if (pul_loc == chn_pos_org[l*len+m])
            chn_ctr[l]++;
        break;
    }
}
}
}

for (i = 0; i < 10; i++)
{
    ctr_tmp[i] = chn_ctr[i];
}
for (i = 0; i < num[n+1]; i++)
{
    min_ctr = len;
    for (j = 0; j < 10; j++)
    {
        if (ctr_tmp[j] < min_ctr)
        {
            min_ctr = ctr_tmp[j];
            min_chn = j;
        }
    }
    ctr_tmp[min_chn] = len;
    bit_pos[i] = bit_pos_org[min_chn];
    for (j = 0; j < (1 << bit_pos_org[min_chn]); j++)
    {
        chn_pos[i*len+j] = chn_pos_org[min_chn*len+j];
    }
}
}

for (i = 0; i < num[num_enh]; i++)
{
    bit[i] = bit_pos[i];
    for (j = 0; j < (1 << bit[i]); j++)
    {
        pos_tbl[i*len+j] = chn_pos[i*len+j];
    }
}
}

```

Позиции импульса, используемые в инструменте возбуждения расширения, показаны в таблице 99 и таблице 100. Таблица изменяется в зависимости от длины подфрейма.

Т а б л и ц а 99 — Временная таблица позиций импульса для подфрейма с 80 отсчетами

Номер импульса: i	$bit_pos_org[i]$	Позиции импульса: $chn_pos_org[i][j]$
0	3	0,10,20,30,40,50,60,70
1	3	1,11,21,31,41,51,61,71
2	3	2,12,22,32,42,52,62,72

Окончание таблицы 99

Номер импульса: i	$bit_pos_org[i]$	Позиции импульса: $chn_pos_org[i][j]$
3	3	3,13,23,33,43,53,63,73
4	3	4,14,24,34,44,54,64,74
5	3	5,15,25,35,45,55,65,75
6	3	6,16,26,36,46,56,66,76
7	3	7,17,27,37,47,57,67,77
8	3	8,18,28,38,48,58,68,78
9	3	9,19,29,39,49,59,69,79

Т а б л и ц а 100 — Временная таблица позиций импульса для подфрейма с 40 отсчетами

Номер импульса: i	$bit_pos_org[i]$	Позиции импульса: $chn_pos_org[i][j]$
0	2	0,10,20,30
1	2	1,11,21,31
2	2	2,12,22,32
3	2	3,13,23,33
4	2	4,14,24,34
5	2	5,15,25,35
6	2	6,16,26,36
7	2	7,17,27,37
8	2	8,18,28,38
9	2	9,19,29,39

5.7.3.3.2 Декодирование усиления фиксированной книги шифров расширения $gain_enh_index$ преобразуется в нормализованное усиление nge для вектора фиксированной книги шифров расширения путем просмотра таблицы усиления. Таблица усиления меняется в соответствии с $signal_mode$. Усиление фиксированной книги шифров расширения ge вычисляется следующим образом:

$$ge = nge * \sqrt{(norm / enh_fcb_energy)};$$

где enh_fcb_energy — энергия для вектора фиксированной книги шифров расширения. $norm$ — коэффициент нормализации.

5.7.3.3.3 Генерация расширенного сигнала возбуждения

Расширенный сигнал возбуждения ($enh_excitation[i]$) вычисляется, добавляя вектор книги шифров расширения к сигналам возбуждения.

for ($i = 0$; $i < sbfrm_size$; $i++$)

```
{
     $enh\_excitation[i] = excitation[i] + ge * enh\_fcb[i]$ ;
}
```

5.7.4 Инструмент генерации мультиимпульсного возбуждения с масштабируемой полосой пропускания

5.7.4.1 Описание инструмента

Процесс декодирования возбуждения в декодере с масштабируемой полосой пропускания достигается с помощью инструмента мультиимпульсного возбуждения с масштабируемой полосой пропускания, который состоит из инструмента мультиимпульсного возбуждения и инструмента расширения полосы пропускания. Это расширение масштабируемости позволено только для кодера режима II. Сигнал масштабируемого возбуждения восстанавливается поиском $shape_bws_positions$, $shape_bws_signs$ и $gain_bws_index$ и использованием декодированных выходов для частоты дискретизации 8 кГц, а именно, целочисленной и дробной части задержки шага и вектора фиксированной книги шифров. Эти выходы генерируются инструментом декодирования MPE (5.7.2) или инструментом декодирования MPE с масштабируемой битовой скоростью (5.7.3).

5.7.4.2 Определения

Вход

shape_bws_delay[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws* и содержит задержку адаптивной книги шифров

shape_bws_positions[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws* и содержит позиции импульса

shape_bws_signs[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws* и содержит знаки импульса

gain_bws_index[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws* и содержит индекс усиления адаптивной книги шифров и индекс усиления фиксированной книги шифров

rms_index: Это поле определяет индекс для мощности сигнала

signal_mode: Это поле содержит флажок голосовой/неголосовой

int_Qlpc_coefficients[]): Это массив размерности *lpc_order* содержит коэффициенты квантованного и интерполированного LPC одного подфрейма

Выход

excitation[]): Этот массив имеет размерность *sbfrm_size* и содержит сигнал возбуждения. Этот сигнал восстановлен из векторов формы и усиления, используя адаптивные и фиксированные книги шифров

acb_delay: Это поле содержит декодированную задержку для адаптивной книги шифров

adaptive_gain: Это поле содержит декодированное усиление для адаптивной книги шифров

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок LPC, который используется

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в подфрейме в инструменте расширения полосы пропускания

nrof_subframes_bws: Это поле указывает число подфреймов в инструменте расширения полосы пропускания

Дополнительные элементы, используемые в инструменте MPE с масштабируемой полосой пропускания, следующие:

<i>pacb</i> []	таблица поиска возбуждения для периодического компонента
<i>pos_tbi</i> [][]	таблица поиска возбуждения для непериодического компонента
<i>acb</i> []	декодированный сигнал возбуждения как периодический компонент
<i>fc1</i> []	декодированный сигнал возбуждения как непериодический компонент
<i>fc2</i> []	декодированный сигнал возбуждения как непериодический компонент
<i>ga</i>	декодированное усиление для периодического компонента
<i>gn</i>	декодированное усиление для непериодического компонента
<i>gf</i>	декодированное усиление для непериодического компонента
<i>qxnorm</i> []	декодированные среднеквадратические значения речевого сигнала
<i>par</i> []	коэффициенты отражения, конвертированные из <i>int_Qlpc_coefficients</i> []
<i>acb_energy</i>	энергия <i>acb</i> []
<i>fc1_energy</i>	энергия <i>fc1</i> []
<i>fc2_energy</i>	энергия <i>fc2</i> []
<i>acb_delay_wb</i>	целая часть задержки шага
<i>acb_frac_wb</i>	дробная часть задержки шага

5.7.4.3 Процесс декодирования

Для декодера режима II с масштабируемостью полосы пропускания сигнал возбуждения при частоте выборки 16 кГц создается из периодического компонента (вектор адаптивной книги шифров) и двух непериодических компонентов (вектор фиксированной книги шифров 1 и 2) масштабированных соответствующими усилениями.

5.7.4.3.1 Декодирование *signal_mode*

Signal_mode также используется в декодировании энергии фрейма, мультиимпульсного возбуждения и усиления в этом процессе декодирования.

5.7.4.3.2 Энергия декодирования фрейма

Процедура декодирования является такой же, как инструмент декодирования MPE.

5.7.4.3.3 Декодирование вектора адаптивной книги шифров

Целую и дробную части задержки шага получают из *shape_delay* и *shape_bws_delay*.

acb_delay и *acb_frac* в частоте дискретизации 8 кГц декодируются в инструменте MPE и подаются на инструмент расширения полосы пропускания для сигнала возбуждения. Параметры частоты дискре-

тизации 8 кГц конвертируются в параметры частоты дискретизации 16 кГц acb_delay_wb , acb_frac_wb в частоте дискретизации 16 кГц следующим образом:

```

op_delay_wb = 2 * acb_delay
if (acb_frac != 0)
{
    op_delay_wb++;
}
if (op_delay_wb == 0)
{
    op_idx_wb = 778;
}
else
{
    op_idx_wb = (op_delay_wb - 32) * 3 + 2;
}
st_idx_wb = op_idx_wb - 4;
if (st_idx_wb < 0)
{
    st_idx_wb = 0;
}
if ((st_idx_wb + 7) >= 778)
{
    st_idx_wb = 778 - 8;
}
if (op_idx_wb == 778)
{
    acb_idx_wb = 778;
}
else
{
    acb_idx_wb = st_idx_wb + shape_bws_delay;
}

```

Отображение между acb_idx_wb и параметрами задержки шага acb_delay_wb , acb_frac_wb показано в таблице 101. Вектор адаптивной книги шифров $acb[n]$ вычисляется, интерполируя прошлый сигнал возбуждения $pacb[n]$ при декодированной целочисленной задержке acb_delay_wb и дробной acb_frac_wb . Интерполяция выполняется, используя фильтр FIR $int_fil[k]$, $k=0\dots 66$, основанный на функции синхронизации с окном Хемминга. Если значение $shape_delay$ равно 255 или значение $shape_bws_delay$ равно 768, выход $acb[]$ состоит из всех нулевых отсчетов. Для других комбинаций индексов выход $acb[]$ получают следующей процедурой:

```

for (n = 0; n < sbfrm_size;)
{
    tt += acb_frac_wb;
    kt = acb_delay_wb + tt / 6;
    tt = tt % 6;
    for (i = 0; i < kt && n < sbfrm_size; i++, n++)
    {
        for (k = -11; k <= 11; k++)
        {
            kk = (k+1) * 6 - tt;
            acb[n] += int_fil[abs(kk)] * pacb[306-(kt-i+k)];
            pacb[306+n] = acb[n];
        }
    }
}

```

Таблица 101 — Отображение между *shape_delay* и задержкой шага

<i>acb_idx_wb</i>	<i>acb_delay_wb</i>	<i>acb_frac_wb</i>
0, 1	32	$(2^{*(acb_idx_wb+1)})\%6$
2—777	$32+2^{*(acb_idx_wb-2)}\%6$	$(2^{*(acb_idx_wb-2)})\%6$
778	0	0

5.7.4.3.4 Декодирование вектора фиксированной книги шифров 1

Вектор фиксированной книги шифров 1 *fcb1[n]* получен преобразованием частоты дискретизации вектора фиксированной книги шифров *nb_fcb[n]*, используемой в инструменте *MPE* или инструменте *MPE* с масштабируемой битовой скоростью следующим образом:

```
for (n = 0; n < sbfrm_size/2; n++)
{
  fcb1[2*n] = nb_fcb[n];
  fcb1[2*n+1] = 0;
}
```

5.7.4.3.5 Декодирование вектора фиксированной книги шифров 2

Вектор фиксированной книги шифров 2 содержит несколько ненулевых импульсов и представлен позицией импульса и амплитудами импульса. Позиции импульса *pul_pos[i]* получают из *shape_bws_positions*. Амплитуды импульса *pul_amp[i]* получают из *shape_bws_signs*.

```
for (i = num_pulse_bws - 1, k = 0; i >= 0; i--)
{
  for (j = 0; j < num_bit_pos[i]; j++)
  {
    pos_idx[i] |= ((shape_bws_positions >> k) & 0x1) << j;
    k++;
  }
  pul_amp[i] = 1.0;
  if (((shape_bws_signs >> (num_pulse_bws-1-i)) & 0x1) == 1)
  {
    pul_amp[i] = - 1.0;
  }
  pul_pos[i] = pos_tbl[i][pos_idx[i]];
}
```

где *num_pulse_bws* — число импульсов равно одному из вариантов 6, 8, 10, 12. Выбор зависит от *BWS_configuration*. *num_bit_pos[i]* является числом битов для кодирования позиции *i*-го импульса. *pos_tbl[i][j]* является таблицей ограничения, которая указывает возможные позиции для каждого импульса. Таблица 102 указывает возможные позиции для каждого импульса.

Таблица 102 — Определение *num_pulse_bws*

<i>BWS_configuration</i>	<i>num_pulse_bws</i>
0	6
1	8
2	10
3	12

Таблицы позиции импульса для каждого числа импульсов также устанавливаются в соответствии с комбинацией *subfrm_size*, *num_pulse* и *num_bit_pos[i]* той же самой процедурой, что инструмент *MPE*.

Вектор фиксированной книги шифров *fcb2[n]* вычисляется из *pul_pos[i]* и *pul_amp[i]* следующим образом:

```
for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
  fcb2[n] = 0.0;
}
```

```

}
for (i = 0; i < num_pulse_bws; i++)

    fcb2[pul_pos[i]] = pul_amp[i];
}

```

Если целочисленная задержка *acb_delay_wb* меньше, чем размер подфрейма *sbrm_size*, сигнал вектора фиксированной книги шифров *fcb2[n]* изменяется фильтрацией *zero-state-comb* следующим образом:

```

for (n = 0, n < sbrm_size; n++)
{
    if (n - acb_delay >= 0)
    {
        ix = fcb2[n - acb_delay];
    }
    else
    {
        ix = 0.0;
    }
    fcb2[n] += cga[signal_mode] * ix;
}

```

где *cga* [4] = {0.0, 0.0, 0.6, 0.8} являются усилениями фильтра гребенки *comb-filter*.

5.7.4.3.6 Декодирование усиления адаптивной и фиксированной книг шифров *gain_bws_index* преобразуется в два индекса.

```

qga_idx = gain_bws_index >> 7;
qgc_idx = gain_bws_index - (gain_bws_index << 7);

```

qga_idx преобразуется к нормализованным усилениям *nga*, *ngf* для вектора 2 адаптивной и фиксированной книг шифров путем просмотра таблицы усиления. *qgc_idx* преобразуется в нормализованное усиление *ngn* для вектора 1 фиксированной книги шифров просмотром таблицы усиления. Таблица усиления изменяется в соответствии с *signal_mode*. Усиление адаптивной книги шифров *ga*, усиление фиксированной книги шифров 1 *gn* и усиление фиксированной книги шифров 2 *gf* вычисляются следующим образом:

```

ga = nga * sqrt(norm / acb_energy);
gn = ngn * sqrt(norm / fcb1_energy);
gf = ngf * sqrt(norm / fcb2_energy);

```

где *acb_energy*, *fcb2_energy* и *fcb1_energy* являются энергиями для векторов адаптивной книги шифров и двух фиксированных книг шифров. *norm* — коэффициент нормализации.

```

norm = (qxnorm * subfrm_size) * (qxnorm * subfrm_size);
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    norm *= (1 - par[i] * par[i]);
}

```

где *par[i]* являются коэффициентами отражения и вычисляются из коэффициентов *LP int_ Qlpc_coefficients*. *qxnorm* — квантованная энергия подфрейма, декодируется из *rms_idx*.

5.7.4.3.7 Генерация сигнала возбуждения

Сигнал возбуждения (*excitation*[]) подсчитывается, суммируя *acb*[], *fcb1*[] и *fcb2*[] масштабированные *ga*, *gn* и *gf* соответственно.

```

for (i = 0; i < sbrm_size; i++)
{
    excitation[i] = ga * acb[i] + gn * fcb1[i] + gf * fcb2[i];
}

```

5.7.4.3.8 Обновление адаптивной книги шифров

Адаптивная книга шифров обновляется для процесса декодирования в следующем фрейме генерированным сигналом возбуждения *excitation*[] следующим образом:

```

for (i = 0; i < 306 - sbrm_size; i++)
{

```

```

    pacb[i] = pacb[sbfrm_size+i];
}
for (i = 0; i < sbfrm_size; i++)
{
    pacb[306-sbfrm_size+i] = excitation[i];
}

```

5.8 Фильтр синтеза CELP LPC

5.8.1 Описание инструмента

Фильтр синтеза CELP LPC создает синтезируемый сигнал из коэффициентов LPC и сигнала возбуждения для каждого подфрейма.

5.8.2 Определения

Вход

excitation[]: Этот массив содержит сигнал возбуждения для одного подфрейма

int_Qlpc_coefficients[]: Этот массив размерности *lpc_order* содержит квантованные и интерполированные коэффициенты LPC.

Выход

synth_signal[]: Сигнал возбуждения, *excitation []* подается через фильтр синтеза, используя коэффициенты LPC из *int_Qlpc_coefficients[]*. Размерность этого массива равна *lpc_order*.

Конфигурация

lpc_order: Это поле содержит порядок используемого LPC

sbfrm_size: Это поле содержит число отсчетов в подфрейме

5.8.3 Процесс декодирования

Используя интерполированные коэффициенты LPC одного подфрейма, сигнал возбуждения подается через следующий фильтр

$$H_s(z) = \frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^{lpc_order} a_k \cdot z^{-k}}$$

где $\bar{A}(z)$ — фильтр инверсии LPC, использующий квантованные коэффициенты LPC. Коэффициент \bar{a}_k является k -м коэффициентом LPC (*int_Qlpc_coefficients[k-1]*). Вывод фильтра инверсии является реконструированной речью. Порядок LPC устанавливается в 10 и 20 для частоты дискретизации 8 кГц и 16 кГц соответственно.

Следующий алгоритм представляет собой реализацию вышеупомянутого фильтра:

```

for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
{
    tmp = excitation[n];
    for (k = 0; k < lpc_order; k++)
    {
        tmp = tmp + Filter_states[k] * int_Qlpc_coefficients[k];
    }
    synth_signal[n] = tmp;
    for (k = lpc_order-1; k > 0; k--)
    {
        Filter_states[k] = Filter_states[k-1];
    }
    Filter_states[0] = synth_signal[n];
}

```

Массив *Filter_states* первоначально установлен в нуль.

5.9 Инструмент сжатия тишины CELP

5.9.1 Описание инструмента

Инструмент сжатия тишины содержит модуль *voice activity detection (VAD)*, блок *discontinuous transmission (DTX)* и модуль *comfort noise generator (CNG)*. Инструмент кодирует/декодирует входной сигнал на нижних битовых скоростях во время неактивных (тишина) фреймов. Во время вокально активных (речевых) фреймов используются, кодирование MPEG-4 CELP и декодирование.

На стороне передачи модуль *DTX* кодирует входную речь во время неактивных фреймов. Во время разговорных фреймов используется кодер *MPEG-4 CELP*. Флажок речевой активности (*VAD_flag*), указывающий неактивный фрейм (*VAD_flag=0*) или речевой фрейм (*VAD_flag=1*), определяется исходя из входной речи модулем *VAD*. Во время неактивных фреймов модуль *DTX* обнаруживает фреймы, где входные характеристики изменяются (*DTX_flag=1* и 2: Изменение, *DTX_flag=0*: Никакого изменения). Когда обнаружено изменение, модуль *DTX* кодирует входную речь, чтобы генерировать информацию *SID* (описатель вставки тишины). *VAD_flag* и *DTX_flag* передаются совместно на декодер как флаг *TX_flag*, чтобы сохранить синхронизацию между кодером и декодером.

На стороне приема модуль *CNG* генерирует комфортный шум, основанный на информации *SID*, во время неактивных фреймов. Во время фреймов речевой активности вместо этого используется декодер *MPEG-4 CELP*. Модуль *CNG* или декодер *MPEG-4 CELP* выбираются согласно флажку *TX_flag*.

Информация *SID* и *TX_flag* передаются, только когда обнаружено изменение входных характеристик. Иначе во время неактивных фреймов передается только *TX_flag*.

5.9.2 Описания

CNG: генератор комфортного шума

Coding mode: "I" для *RPE* и "II" для *MPE* (см. таблицу 1)

DTX: прерывающаяся передача

LP: линейное прогнозирование

LPCs: коэффициенты *LP*

MPE: мультиимпульсное возбуждение

MPE_Configuration: см. раздел 4

RMS: среднеквадратичный

RPE: возбуждение регулярным импульсом

RPE_Configuration: см. раздел 4

SID: описатель вставки тишины

SID frame: фрейм, в котором передается/принимается информация *SID*

signal_mode: режим, определяющийся на основе среднего усиления предсказания шага (см. раздел 4)

VAD: опознавание речевой активности

5.9.3 Процесс декодирования

5.9.3.1 Полезная нагрузка передачи

Имеется четыре типа полезных нагрузок передачи в зависимости от решения *VAD/DTX*. *TX_flag* указывает тип полезной нагрузки передачи и определяется флажками *VAD_flag* и *DTX_flag*, как показано в таблице 103. Когда *TX_flag* указывает речевой фрейм (*TX_flag = 1*), передаются информация, сгенерированная кодером *MPEG-4 CELP*, и флаг *TX_flag*. Когда *TX_flag* указывает фрейм перехода между речевым фреймом и неактивным фреймом или неактивный фрейм, в котором меняются спектральные характеристики входного сигнала (*TX_flag = 2*), передаются информация *High-Rate (HR) SID* и флаг *TX_flag*, чтобы обновить параметры *CNG*. Когда *TX_flag* указывает неактивный фрейм, в котором мощность фрейма входного сигнала изменяется (*TX_flag = 3*), передаются информация *Low-Rate (LR) SID* и *TX_flag*. Другие неактивные фреймы категоризируются в четвертый тип *TX_flag* (*TX_flag = 0*). В этом случае передается только *TX_flag*. Примеры изменения *TX_flag* согласно *VAD_flag* и *DTX_flag* показаны в таблице 104.

Т а б л и ц а 103 — Соотношение между флажками для инструмента сжатия тишины

Флаги	Речевая активность		Неактивность		
	1	—	0	1	2
<i>VAD_flag</i>	1	—	0	1	2
<i>DTX_flag</i>	—	—	0	1	2
<i>TX_flag</i>	1	—	0	2	3

Т а б л и ц а 104 — Примеры изменения *TX_flag* согласно *VAD_flag* и *DTX_flag*

Фрейм #	...k-5	k-4	k-3	k-2	k-1	k	k+1	k+2	k+3	k+4	k+5	k+6	k+7
<i>VAD_flag</i>	...1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0...
<i>DTX_flag</i>	...—	—	—	—	1	0	0	0	1	0	0	0	2...
<i>TX_flag</i>	...1	1	1	1	2	0	0	0	2	0	0	0	3...
	активный период разговора					неактивный период разговора							

5.9.3.2 Передача LSP

В случае, когда инструмент сжатия тишины используется в комбинации с запущенным *FineRate Control*, фрейм CELP с *LPC_present = 1* и *interpolation_flag = 0* должен быть передан в первом фрейме с речевой активностью после фрейма неактивной речи. Фреймы с речевой активностью отмечаются *TX_flag = 1*, фреймы с неактивной речью отмечаются *TX_flag = 0, 2* или *3*.

5.9.3.3 Модуль CNG

Комфортный шум генерируется путем фильтрации возбуждения с помощью фильтра синтеза LP, аналогичным способом как сигналы вокализованной речи. Чтобы улучшить качество кодирования, может использоваться постфильтр. Возбуждение дается, добавляя мультиимпульсное возбуждение или возбуждение регулярным импульсом и случайное возбуждение, масштабированные их соответствующими усилениями. Возбуждения генерируются на базе случайной последовательности, независимой от информации SID. Коэффициенты для фильтра синтеза LP и усиления вычисляются из LSPs и значения RMC (энергия фрейма), соответственно, которые получены как информация SID. LSPs и RMC сплажены, чтобы улучшить качество кодирования для речи с шумящим входом. Модуль CNG использует те же самые размеры фрейма и подфрейма, как в активных речевых фреймах. Обработка в каждой части описана в следующих подпунктах.

5.9.3.3.1 Определения

Вход

TX_flag: Это поле содержит режим передачи

SID_lpc_indices[]: Этот массив содержит упакованные индексы LP. Размерность 3, 5 или 6 (см. таблицу 72)

SID_rmc_index: Это поле содержит индекс RMC

Выход

PP_synth_signal[]: Этот массив содержит постфильтрованный (улучшенный) речевой сигнал. Размерность — *sbfrm_size*. Элементы справки, используемые в модуле CNG:

lpc_order: порядок LP

sbfrm_size: число отсчетов в подфрейме

n_subframe: число подфреймов во фрейме

int_Q_lpc_coefficients []: интерполированные LPCs (см. 5.8.2).

5.9.3.3.2 Декодер LSP

LSP_lpc_current[] декодированные из LSP индексы *SID_lpc_indices[]*. Процесс декодирования идентичен описанному в 5.6 со следующими исключениями:

- 1) Подмножество *lpc_indices[]* передается на декодер. Соотношение между передаваемыми индексами LSP, *SID_lpc_indices[]* и индексами LSP для MPEG-4 CELP, *lpc_indices[]*, показано в таблице 105.
- 2) Процесс декодирования для непереданных индексов не выполняется.

Т а б л и ц а 105 — Соотношение индекса LSP между инструментом сжатия тишины и MPEG-4 CELP

Режим кодирования	Частота дискретизации, кГц	Масштабируемость полосы	Инструмент сжатия тишины	MPEG-4 CELP
I (RPE)	16	Off	<i>SID_lpc_indices[0]</i>	<i>lpc_indices[0]</i>
			<i>SID_lpc_indices[1]</i>	<i>lpc_indices[1]</i>
			<i>SID_lpc_indices[2]</i>	<i>lpc_indices[2]</i>
			<i>SID_lpc_indices[3]</i>	<i>lpc_indices[3]</i>
			<i>SID_lpc_indices[4]</i>	<i>lpc_indices[5]</i>
			<i>SID_lpc_indices[5]</i>	<i>lpc_indices[6]</i>
II (MPE)	8	On, Off	<i>SID_lpc_indices[0]</i>	<i>lpc_indices[0]</i>
			<i>SID_lpc_indices[1]</i>	<i>lpc_indices[1]</i>
			<i>SID_lpc_indices[2]</i>	<i>lpc_indices[2]</i>
	16	On	<i>SID_lpc_indices[3]</i>	<i>lpc_indices[5]</i>
			<i>SID_lpc_indices[4]</i>	<i>lpc_indices[6]</i>
			<i>SID_lpc_indices[5]</i>	<i>lpc_indices[7]</i>
			<i>SID_lpc_indices[6]</i>	<i>lpc_indices[8]</i>

Окончание таблицы 105

Режим кодирования	Частота дискретизации, кГц	Масштабируемость полосы	Инструмент сжатия тишины	MPEG-4 CELP
		Off	<i>SID_lpc_indices</i> [0]	<i>lpc_indices</i> [0]
			<i>SID_lpc_indices</i> [1]	<i>lpc_indices</i> [1]
			<i>SID_lpc_indices</i> [2]	<i>lpc_indices</i> [2]
			<i>SID_lpc_indices</i> [3]	<i>lpc_indices</i> [3]
			<i>SID_lpc_indices</i> [4]	<i>lpc_indices</i> [5]
			<i>SID_lpc_indices</i> [5]	<i>lpc_indices</i> [6]

5.9.3.3.3 Сглаживатель LSP

Сглаженные *LSPs*, *lsp_current_sm*[] обновляются, используя декодированные *LSPs* *lsp_current*[] в каждом фрейме как:

$$lsp_current_sm[i] = \begin{cases} 0.875lsp_current_sm[i] + 0.125lsp_current[i], & TX_flag = 2 \\ 0.875lsp_current_sm[i] + 0.125lsp_current_sid[i], & TX_flag = 0 \text{ or } 3, \end{cases}$$

где $i=0, \dots, lpc_order-1$ и *lsp_current_sid*[] являются *lsp_current*[] в последнем фрейме *SID*. В начале каждого неактивного периода *lsp_current_sm*[] инициализируется *lsp_current*[], в конце предыдущего речевого периода.

5.9.3.3.4 Интерполяция LSP и преобразование LSP-LPC

LPCs для синтеза *LP_int_Q_lpc_coefficients*[] подсчитываются из сглаженных *LSPs* *lpc_current_sm*[], используя интерполяцию *LSP* со стабилизацией и преобразование *LSP* в *LPC*. Эти процессы описаны в 5.6. Общий буфер для предыдущего фрейма *lsp_previous*[] используется и в инструменте сжатия тишины, и в кодировании *CELP* для фреймов с речевой активностью.

5.9.3.3.5 Декодер RMC

RMC входной речи *qxnorm* в каждом подфрейме восстанавливается, используя *SID_rms_index* в том же процессе, как описано в 5.7.2.3.2 за исключением того, что параметры μ -закона независимы от режима сигнала и установлены, как *rms_max*=7932 и *mu_law* = 1024.

Восстановленное *RMC* входной речи преобразуется в *RMC* сигнала возбуждения (*norm*), используя коэффициенты отражения *par*[] следующим образом и используется для вычисления усиления:

$$norm = (qxnorm * subfrm_size) * (qxnorm * subfrm_size);$$

```
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  norm *= (1 - par[i] * par[i]) *  $\alpha_s$ ;
}
```

где *par*[] вычисляется из *LPCs* *int_Q_lpc_coefficients*[], и коэффициент масштабирования α_s равен 0,8.

5.9.3.3.6 Сглаживатель RMC

Сглаженное *RMC* *norm_sm* обновляется, используя *norm* в каждом подфрейме следующим образом:

$$norm_sm = \begin{cases} 0.875norm_sm + 0.125norm[subnum] & \text{for } TX_flag = 2 \text{ or } 3 \\ 0.875norm_sm + 0.125norm_sid & \text{for } TX_flag = 0 \end{cases}$$

где *subnum* номер текущего подфрейма в диапазоне от 0 до *n_subframe*-1 и *norm_sid* является *norm*[*n_subframe* - 1] в последнем фрейме *SID*. В первом фрейме каждого неактивного периода *norm_sm* устанавливается в *norm*. Во время первых 40 мс неактивного периода *norm_sm* инициализируется *norm*[*subnum*], когда *TX_flag* = 2 или 3 и

$$\left| 20\log_{10} norm_sid - 20\log_{10} norm[n_subframe - 1] \right| > 6db$$

5.9.3.3.7 Генерация возбуждения CNG

Сигнал возбуждения *CNG_excitation*[] подсчитывается из сигнала мультимпульсного возбуждения и случайного сигнала возбуждения следующим образом:

```
for (i = 0; i < sbfrm_size; i++)
```

```
{
  excitation[i] = gf * fcb_cng[i] + gr * excg[i];
}
```

где *fcb_cng*[] и *excg*[] являются, соответственно, сигналом мультиимпульсного (*MP*) возбуждения или возбуждения регулярным импульсом (*RP*) и случайным сигналом возбуждения. *gf* и *gr* являются их соответствующими усилениями. Случайный сигнал возбуждения, позиции и знаки импульсов для возбуждения *MP/RP* последовательно производятся из случайной последовательности в каждом подфрейме. Чтобы синхронизировать генератор случайных чисел *CNG* в кодере и декодере, случайный сигнал возбуждения *excg*[] для данного подфрейма должен быть вычислен до генерации возбуждения *MP/RP fcb_cng*[] для этого подфрейма.

5.9.3.3.7.1 Случайная последовательность

Случайная последовательность генерируется следующей функцией и используется для генерации сигналов мультиимпульсного и случайного возбуждения:

```
short Random (*seed)
{
  *seed = (short) ((int)(*seed * 31821 + 13849));
  return (*seed);
}
```

со значением начального числа 21845 и обычно используемого для обоих возбуждений. Этот генератор имеет периодический цикл 16 бит. Начальное число инициализируется значением 21845 в начале каждого неактивного периода.

5.9.3.3.7.2 Генерация случайного возбуждения

Сигнал случайного возбуждения каждого подфрейма является Гауссовской случайной последовательностью, которая генерируется следующим образом.

```
for (i = 0; i < sbfrm_size; i++)
{
  excg[i] = Gauss (seed);
}
```

где

```
float Gauss (short *seed)
{
  temp = 0;
  for (i = 0; i < 12; i++)
  {
    temp += (float) Random (seed);
  }
  temp /= (2 * 32768);
  return (temp);
}
```

5.9.3.3.7.3 Генерация мультиимпульсного возбуждения

В случае, когда для кодирования голосовых фреймов используется *MPE*, сигнал мультиимпульсного возбуждения генерируется для каждого подфрейма случайным выбором позиций и знаков импульсов. Мультиимпульсные структуры *MPEG-4* версии 1 *CELP* с *MPE_Configuration*=24 и 31 используются для частоты дискретизации 8 и 16 кбит/с соответственно. Позиции и знаки 10 импульсов генерируются в векторе с 40 отсчетами. Для размера подфрейма 80 отсчетов дважды генерируется 20 импульсов в векторе с 80 отсчетами. Индексы позиций и знаков *mp_pos_idx* и *mp_sign_idx* генерируются в каждом подфрейме следующим образом:

```
if (subframe size is 40 samples)
{
  setRandomBits (&mp_pos_idx, 20, seed);
  setRandomBits
  (&mp_sgn_idx, 10, seed);
}
if (subframe size is 80 samples)
{
  setRandomBits (&mp_pos_idx_1st_half, 20, seed);
```

```

    setRandomBits (&mp_sgn_idx_1st_half, 10, seed);
    setRandomBits (&mp_pos_idx_2nd_half, 20, seed);
    setRandomBits (&mp_sgn_idx_2nd_half, 10, seed);
}

```

где *mp_pos_idx_1st_half*, и *mp_sgn_idx_1st_half* — индексы позиций и знаков первой половины подфрейма и *mp_pos_idx_2nd_half*, и *20 mp_sgn_idx_2nd_half* — индексы для второй половины. Функция *setRandomBits()* определяется в 5.9.3.3.7.5.

5.9.3.3.7.4 Возбуждение регулярным импульсом

В случае, когда *RPE* используется для кодирования речевых фреймов, сигнал возбуждения регулярным импульсом генерируется для каждого подфрейма. В случае неактивных фреймов контент адаптивной книги шифров инициализируется нулем. Для неактивных фреймов используется только фиксированная книга шифров. Сигнал возбуждения фиксированной книги шифров генерируется, используя случайный *shape_index*, как вход для процесса декодирования *RPE*.

```

    setRandomBits (&shape_index, n_bits, seed);
    rpe_index = shape_index;
    rpe_phase = rpe_index % D;
    rpe_index = rpe_index / D;
    for (n = Np - 1; n >= 0; n--)
    {
        rpe_amps [n] = (rpe_index % 3) - 1;
        rpe_index = rpe_index / 3;
    }
    for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
    {
        fcb_cng[n] = 0.0F;
    }
    for (n = 0; n < Np; n++)
    {
        fcb_cng[rpe_phase + D*n] = gn[RPE_Configuration] *
(float)(rpe_amps [n]).
    }
}

```

nbits устанавливается в 11 для *RPE_Configurations* 0 и 1 и устанавливается в 12 для *RPE_configurations* 2 и 3. *D* является коэффициентом децимации (прореживания), *Np* — число импульсов в подфрейме и *sbfrm_size* — число отсчетов в подфрейме, как определено в *MPEG-4 CELP* версии 1. Коэффициент нормализации *gn* определяется в таблице 106.

Т а б л и ц а 106 — Коэффициент нормализации *gn* для *RPE*

<i>RPE_Configuration</i>	<i>gn</i> []
0	56756 / 32768
1	56756 / 32738
2	44869 / 32768
3	40132 / 32768

5.9.3.3.7.5 Функция генератора случайного индекса

Функция генератора случайного индекса *setRandomBits ()* определяется для *MPE* и *RPE* следующим образом:

```

void setRandomBits (long *l,
int n, short *seed)
{
    *l = 0xffff & Random(seed);
    if (n > 16)
    {
        *l |= (0xffff & Random(seed)) << 16;
    }
}

```

```

}
if (n < 32)
{
  *l &= ((unsigned long)1 << n) - 1;
}
}

```

5.9.3.3.7.6 Подсчет усиления

Усиления gf и gr вычисляются из сглаженного RMC возбуждения, $norm_sm$ следующим образом.

$$gf = \alpha \cdot norm_sm / \sqrt{\sum_{i=0}^{sbfm_size-1} fcb_cng(i)^2 / sbfm_size}$$

$$gr = [-\alpha \cdot A_3 + \sqrt{\alpha^2 \cdot A_3^2 - (\alpha^2 - 1)A_1 A_2}] / A_2,$$

где $\alpha = 0.6$ и

$$A_1 = \sum_{i=0}^{sbfm_size-1} gf^2 fcb_cng[i]^2$$

$$A_2 = \sum_{i=0}^{sbfm_size-1} excg(i)^2$$

$$A_3 = \sum_{i=0}^{sbfm_size-1} gf^2 \cdot fcb_cng[i] \cdot excg[i].$$

5.9.3.3.8 Фильтр синтеза LP

Фильтр синтеза идентичен фильтру синтеза LP в MPEG-4 CELP, описанному в 5.8.

5.9.3.3.9 Обновление памяти

Поскольку кодер и декодер должны быть сохранены синхронизированными во время неактивных периодов, генерация возбуждения выполняется на сторонах кодера и декодера, чтобы обновить соответствующие буферы для синтеза LP. Во время неактивных фреймов адаптивная книга шифров не используется и инициализируется нулем.

Приложение А
(справочное)

Инструменты декодера MPEG-4 CELP

А.1 Постпроцессор CELP

А.1.1 Описание инструмента

Постпроцессор CELP улучшает восстановленный речевой сигнал, сгенерированный фильтром синтеза для одного подфрейма. Инструменты постфильтрации включают постфильтр форманты и постфильтр компенсации наклона.

А.1.2 Определения

Вход

synth_signal[]: Этот массив содержит восстановленный речевой сигнал

int_lpc_coefficients[]: Этот массив содержит коэффициенты LPC для каждого подфрейма

acb_delay: Это поле указывает задержку шага, которая используется для постфильтра шага. Если постфильтр шага не нужен, *acb_delay* должен быть установлен в значение, меньшее чем 10.

adaptive_gain: Это поле указывает коэффициент усиления для периодического компонента сигнала возбуждения. Этот коэффициент усиления используется для постфильтра шага. Если постфильтр шага не нужен, *adaptive_gain* должен быть установлен в значение, меньшее чем 0,4

Выход

PP_synth_signal[]: Этот массив содержит постфильтрованный (улучшенный) речевой сигнал. Размерность этого массива — *sbfrm_size*

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок LPC, который используется

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в подфрейме

А.1.3 Процесс декодирования

Процедура декодирования состоит из постфильтрации и адаптивного управления усилением. Постфильтр $H_{fp}(z)$ является каскадным соединением трех фильтров: постфильтра форманты $H_f(z)$, дополнительного постфильтра шага $H_p(z)$ и фильтра компенсации наклона $H_t(z)$:

$$H_{fp}(z) = H_f(z) \cdot H_p(z) \cdot H_t(z).$$

Постфильтр форманты дается выражением

$$H_f(z) = \frac{\hat{A}(z / \gamma_n)}{A(z / \gamma_d)} = \frac{1 - \sum_{l=1}^{lpc_order} \gamma_n^l \theta_l z^{-l}}{1 - \sum_{l=1}^{lpc_order} \gamma_d^l \theta_l z^{-l}}.$$

где $\hat{A}z$ — фильтр инверсии LPC, коэффициенты γ_n и γ_d управляют степенью постфильтрации форманты. γ_n и γ_d устанавливаются в 0,65 и 0,75, соответственно.

Постфильтр шага дается выражением

$$H_p(z) = \frac{1}{1 - \gamma_p g_a} (1 + \gamma_p g_a z^{-acb_delay}).$$

$$g_a = \frac{\sum_{n=0}^{sbfrm_size-1} s_r(n) s_r(n - acb_delay)}{\sum_{n=0}^{sbfrm_size-1} s_r^2(n - acb_delay)}.$$

где $s_r(n)$ является остаточным сигналом, произведенным фильтрацией входного сигнала через подсистему нумератора постфильтра форманты. Коэффициент усиления g_a ограничен 1. Коэффициент γ_p управляет степенью постфильтрации шага и имеет значение 0,5. Постфильтр шага применяется, только если усиление больше 0,4 и задержка шага больше 10. В частоте дискретизации 16 кГц для кодера режима I постфильтр шага не применяется.

Фильтр $H_t(z)$ компенсирует высокочастотный наклон и дается выражением

$$H_t(z) = 1 - \gamma_t z^{-1}.$$

где γ_t — коэффициент наклона 0,3.

Синтезируемый сигнал (*synth_signal[]*) фильтруется через подсистему нумератора постфильтра форманты $\hat{A}(z/\gamma_n)$, чтобы произвести остаточный сигнал. В кодере режима II остаточный сигнал затем фильтруется через постфильтр шага $H_p(z)$, тогда как в кодере режима I никакой постфильтр шага не используется. Остаток постфильтрации

шага подается через подсистему деноминатора постфильтра форманты $\tilde{A}(z/\gamma_d)$. Выходной сигнал постфильтров форманты и шага передается через фильтр компенсации наклона $H_f(z)$, чтобы генерировать постфильтрованный синтезируемый сигнал, который еще не компенсирован по усилению.

Адаптивное управление усилением компенсирует различия усиления между синтезируемым сигналом $s(n)$ и постфильтрованным сигналом $s_p(n)$. Коэффициент управления усилением G для текущего подфрейма подсчитывается из

$$G = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} S^2(n)}{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} S_p^2(n)}}$$

Масштабированный по усилению постфильтрованный сигнал $s_p(n)$ дается выражением

$$s(n) = g(n)s_p(n), \quad 0 \leq n \leq sbfm_size - 1,$$

где $g(n)$ обновляется на поотсчетной основе и дается как

$$g(n) = 0,95 g(n-1) + 0,05 G, \quad 0 \leq n \leq sbfm_size - 1.$$

Используется начальное значение $g(-1) = 0,0$. Тогда для каждого нового подфрейма $g(-1)$ устанавливается равным $g(N-1)$ предыдущего подфрейма.

Приложение В
(справочное)

Инструменты кодера MPEG-4 CELP

В.1 Введение в набор инструментов кодера MPEG-4 CELP

Это приложение дает краткое описание функциональных возможностей, определение параметров и процессов кодирования инструментов, поддерживаемых ядром MPEG-4 CELP. Описание каждого инструмента включает до четырех частей: описание инструмента, определения, процесс кодирования и таблицы.

Поддерживаются следующие инструменты кодера:

предварительная обработка CELP
анализ CELP LPC
квантизатор CELP LPC и интерполятор
векторный квантователь
кодер с масштабируемой полосой пропускания
фильтр анализа CELP LPC
модуль взвешивания CELP
анализ возбуждения CELP
возбуждение регулярным импульсом
мультиимпульсное возбуждение
мультиплексор потока бит CELP

Кодирование выполнено на основе фрейма, и каждый фрейм разделен на подфреймы. Инструмент анализа возбуждения CELP использует каждый подфрейм, в то время как другие инструменты используют каждый фрейм.

В.2 Переменные справки

Для каждого инструмента кодера дается описание переменных, которые он использует. В этом подпункте представлены переменные, которые используются совместно многими инструментами.

frame_size: Это поле указывает число отсчетов во фрейме. Декодер выводит фрейм с *frame_size* выборками.

nrof_subframes: Фрейм построен из ряда подфреймов. Число подфреймов определяется в этом поле.

sbfrm_size: Подфрейм состоит из ряда отсчетов, их число определяется в этом поле. Число отсчетов во фрейме всегда должно быть равным сумме чисел отсчетов в подфреймах. Так, что всегда должно соблюдаться следующее соотношение

$$frame_size = nrof_subframes * sbfrm_size.$$

Эти три параметра зависят от настройки параметров частоты дискретизации и битовой скорости, как представлено в таблице 73 для кодера режима I и в таблице 74 для кодера режима II.

lpc_order: Это поле указывает число коэффициентов, используемых для линейного предсказания. По умолчанию значение этого поля равно 20 для частоты дискретизации 16 кГц и 10 для 8 кГц.

num_lpc_indices: Этот параметр определяет число индексов, содержащих информацию LPC, которая должна быть записана в поток бит. Оно не равно порядку LPC. *num_lpc_indices* равно 5 в режиме 8 кГц и дополнительно 6 для уровня с масштабируемой полосой пропускания.

n_lpc_analysis: Это поле указывает, как часто во фрейме выполняется анализ LPC. Существует возможность выполнять несколько анализов LPC во фрейме с вариациями размера окна и смещения. Для частоты дискретизации 16 кГц значение этого поля равно 1, указывая, что анализ LPC выполняется только однажды. Для частоты дискретизации 8 кГц значение этого поля определяется отношением *sbfrm_size*/80.

window_offsets[]: Этот массив содержит смещения окон анализа LPC, и его размерность равна *n_lpc_analysis*.

window_sizes[]: Этот массив содержит размеры окна для анализа LPC. Так как анализ LPC выполняется *n_lpc_analysis* раз, размерность этого массива равна *n_lpc_analysis*.

Размер окна и смещение для кодера представлены в таблицах В.1, В.2, В.3, а параметры окна для кодера в таблице В.4.

Т а б л и ц а В.1 — Размер окна и смещение для кодера режима I на 16 кГц

<i>RPE_Configuration</i>	<i>Window_sizes[]</i> (отсчетов)	<i>Window_offsets[]</i> (отсчетов)
0	400	280
1	320	160
2	400	280
3	400	280
4...7	Зарезервировано	

Т а б л и ц а В.2 — Размер окна и смещение для кодера режима II на 8 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>Window_sizes[]</i> (отсчетов)	<i>Window_offsets[]</i> (отсчетов)
0,1,2	200	0, 80, 160, 240
3,4,5	200	0, 80, 160
6 ... 12	200	0, 80
13 ... 21	200	0, 80
22 ... 26	200	0

Т а б л и ц а В.3 — Размер окна и смещение для кодера режима II на 16 кГц

<i>MPE_Configuration</i>	<i>Window_sizes[]</i> (отсчетов)	<i>Window_offsets[]</i> (отсчетов)
0 ... 6, 8 ... 15	320	0, 80, 160, 240
16 ... 22, 24 ... 31	320	0, 80

Т а б л и ц а В.4 — Параметры окна для кодера режима II

Частота дискретизации, кГц	<i>nla</i>	<i>nlb</i>	<i>Len_lpc_ana</i>
8	40	80	80
16	80	160	80

windows[]: Этот массив содержит окно для каждого анализа, таким образом длина этого массива равна сумме *window_sizes* раз *n_lpc_analysis*. Для кодера режима I используется прямоугольное окно Хэмминга:

```
for (x = 0; x < window_sizes[i]; x++)
{
    window[i][x] = (0.54 - 0.46 * cos(2 * pi *
(x/window_sizes[i]));
    window[i][x] = window[i][x] * window[i][x];
}
```

Для кодера режима II используется гибридное окно. Окно состоит из двух частей; половины окна Хэмминга и четверти косинусоидальной функции, дающихся выражением:

```
for (n = 0; n < nlb+len_lpcana/2; n++)
{
    Hw(n) = 0.54-0.46* cos(2* PI* n / (2*(nlb+len_lpcana/2) -
1));
}
for (n = nlb+len_lpcana/2; n < window_sizes[i]; n++)
{
    Hw(n) = cos (2 * PI * (n - (nlb+len_lpcana/2)) /
(4*(nla+len_lpcana/2)-1));
}
```

nlb отсчеты анализа прошлого фрейма, *len_lpcana* отсчеты анализа текущего фрейма, и *nla* отсчеты будущего фрейма формируют один блок для работы с окнами.

gamma_be[]: Этот массив имеет размер *lpc_order*, чтобы применить расширение полосы пропускания к коэффициентам LPC. Эта информация используется только для кодера режима I.

```
gamma_be[0] = GAMMA;
for (x = 1; x < lpc_order; x++)
{
    gamma_be[x] = GAMMA * gamma_be[x-1];
}
```

Значение *GAMMA* равно 0,9883 для инструмента *RPE*.

n_lag_candidates: Эти поля содержат число кандидатов шага. Данная информация используется только для частоты дискретизации 16 кГц, значение этого поля равно 15.

max_pitch_frequency: Это поле содержит максимальную частоту шага (задержка). Для частоты дискретизации 16 кГц это поле имеет значение 0,025, поскольку минимальная задержка равна 40. Для частоты дискретизации 8 кГц это поле имеет значение 0,05882, так как минимальная задержка равна 17.

min_pitch_frequency: Это поле содержит минимальную частоту шага (задержка). Значение этого поля для частоты дискретизации 16 кГц равно $3,3898e^{-3}$, так как максимальная задержка равна 295. Для частоты дискретизации 8 кГц это поле имеет значение $6,944e^{-3}$, так как максимальная задержка равна 144.

В.3 Элементы потока бит для набора инструментов кодера MPEG-4 CELP

См. 5.4.

В.4 Предварительная обработка CELP

В.4.1 Описание инструмента

Инструмент предварительной обработки CELP производит речевой сигнал, свободный от составляющей постоянного тока.

В.4.2 Определения

Вход

s[]: Это — массив размерности *frame_size*, содержит входные речевые отсчеты.

Выход

pp_s []: Это массив длины *frame_size*, содержит речевые отсчеты, свободные от постоянного тока.

Вход/Выход

prev_x, *prev_y*: память фильтра предварительной обработки.

Конфигурация

frame_size: Это поле указывает число отсчетов во входном сигнале.

В.4.3 Процесс кодирования

Этот блок удаляет элемент постоянного тока из входного сигнала *s[n]*. Это рекурсивный фильтр первого порядка, его форма:

$$H_{pre}(z) = \frac{1 - z^{-1}}{1 - 0,99 \cdot z^{-1}}$$

Реализация этого фильтра:

for (*n* = 0; *n* < *frame_size*; *n*++)

```
{
    pp_s[n] = s[n] - prev_x + 0,99 * prev_y;
    prev_x = s[n];
    prev_y = pp_s[n];
}
```

Состояния входа/выхода фильтра *prev_x* и *prev_y* инициализируются в нуль (обнуляются).

В.5 Анализ CELP LPC

В.5.1 Описание инструмента

Инструмент Анализа CELP LPC оценивает краткосрочный спектр. Анализ LPC выполняется на предобработанном речевом сигнале *pp_s []*. Порядок линейного предсказания определен параметром *lpc_order*. Чтобы взвешивать предобработанную речь, используется окно с размером, заданным в *window_size []*. Чтобы определить смещение для каждого окна, задается параметр *window_offset []*.

В.5.2 Определения

Вход

PP_InputSignal []: Этот массив содержит предобработанный речевой сигнал. Его размерность равна *frame_size*.

Выход

lpc_coefficients[]: Этот массив содержит вычисленные коэффициенты LPC и имеет размер *lpc_order*.

first_order_lpc_par: Это поле выхода содержит коэффициент LPC для согласования 1-го порядка. Этот параметр используется для предварительной выборки при поиске в адаптивной книге шифров.

Конфигурация

frame_size: Это поле обозначает число отсчетов во фрейме.

window_offset []: Этот массив содержит смещение окна.

window_size []: Этот массив содержит размер окна анализа LPC.

windows []: Этот массив содержит окна, используемые для взвешивания речевого сигнала.

gamma_be []: Этот массив содержит гамма-коэффициенты, которые используются для расширения полосы пропускания коэффициентов LPC.

lpc_order: Это поле указывает порядок LPC.

n_lpc_analysis: Это поле обозначает номер анализа LPC.

В.5.3 Процесс кодирования

Анализ линейного предсказания выполняется $n_lpc_analysis$ раз, каждый раз с различным размером окна и смещением, как определено в массивах $window_size$ и $window_offset$. Каждый раз входной сигнал $PP_InputSignal$ взвешивается $w[n]$.

Посредством взвешенного сигнала получают коэффициенты автокорреляции, используя:

$$acf[k] = \sum_{n=0}^{window_size-k-1} sw[n] \cdot sw[n+k], 0 \leq k \leq lpc_order.$$

Имеется $lpc_order+1$ коэффициентов автокорреляции. Для кодера режима II расширение полосы пропускания и коррекция белого шума применяются путем модификации коэффициентов автокорреляции следующим образом:

for ($k = 0; k < lpc_order; k++$)

```
{
  acf[k] *= lag_win[k];
}
```

где $lag_win[]$ является коэффициентами для расширения полосы пропускания.

Коэффициенты LPC вычисляются с помощью рекурсии *Levinson-Durbin* (Левинсона-Дурбина). Первый коэффициент LPC назначается для $first_order_lpc_par$. Для кодера режима I расширение полосы пропускания применяется к коэффициентам LPC , используя массив $gamma_be$. Для каждого анализа LPC рассчитанные $lpc_coefficients$ располагают в стеке, приводя к коэффициентам $n_lpc_analysis * lpc_order$.

В.6 Квантизатор LPC CELP и интерполятор

Коэффициенты LPC квантуются при использовании одного из трех квантователей, инструмента узкополосного квантования LSP , инструмента широкополосного квантования LSP или инструмента квантования LSP с масштабируемой полосой пропускания.

В.6.1 Инструмент узкополосного квантования LSP

В.6.1.1 Описание инструмента

Инструмент узкополосного квантования LSP квантует коэффициенты LPC как параметры LSP , используя двухступенчатую и с разбиением вектора методику квантования.

В.6.1.2 Определения

Вход

$lpc_coefficients[]$: Это массив размерности lpc_order , содержит текущие неквантованные коэффициенты LPC .

Выход

$int_qlpc_coefficients[]$: Это массив длиной $nrof_subframes * lpc_order$, содержит интерполированные и квантованные коэффициенты LPC для каждого подфрейма. Коэффициенты LPC для каждого подфрейма располагают в стеке один за другим, образуя массив $nrof_subframes * lpc_order$.

$lpc_indices []$: Это массив размерности $num_lpc_indices$, содержит упакованные индексы lpc , которые приписаны потоку бит.

Конфигурация

lpc_order : Это поле содержит порядок LPC .

$num_lpc_indices$: Эти поля указывают число упакованных кодов LPC .

$num_lpc_analysis$: Это поле содержит число параметров LPC .

$nrof_subframes$: Это поле содержит число подфреймов.

В.6.1.3 Процесс кодирования

$LPCs$ конвертируются в $LSPs$ и квантуются. Как описано в процессе декодирования, есть два метода квантования $LSPs$: двухступенчатый VQ без межфреймового предсказания, и комбинация VQ и VQ с межфреймовым предсказанием. В ходе процесса кодирования пытаются применить оба метода, чтобы квантовать $LSPs$, и какой метод должен быть применен, определяется сравнением ошибки квантования. Ошибка квантования вычисляется как взвешенное Евклидово расстояние. Коэффициенты взвешивания $w[]$ следующие

$$w[i] = \begin{cases} \frac{1}{lsp[0]} + \frac{1}{lsp[1] - lsp[0]} & (i = 0) \\ \frac{1}{lsp[i] - lsp[i-1]} + \frac{1}{lsp[i+1] - lsp[i]} & (0 < i < N_p - 1) \\ \frac{1}{lsp[N_p - 1] - lsp[N_p - 2]} + \frac{1}{1.0 - lsp[N_p - 1]} & (i = N_p - 1) \end{cases}$$

где N_p — порядок анализа LP lpc_order и $lsp[]$ являются $LSPs$, преобразованными из $LPCs$.

Квантователь первой стадии — для каждого метода квантования. $LSPs$ квантуются при использовании квантователя разбитого надвое вектора, и соответствующие индексы сохраняются в $lpc_indices [0]$ и $lpc_indices [1]$. Чтобы выполнить отсроченное решение, два индекса сохраняются как кандидаты на вторую стадию. Ошибка квантования в первой стадии $err1[]$ дается выражением

$$err1[n] = \sum_{j=0}^{dim-1} \left\{ (lsp[sp+i] - lsp_tbl[n][m][i])^2 \cdot w[sp+i] \right\} \quad n=0,1,$$

где n — число вектора разбиения, m является индексом вектора разбиения кандидата, sp — порядок стартового LSP n -го вектора разбиения, и dim является размерностью n -го вектора разбиения (см. таблицу В.5).

Т а б л и ц а В.5 — Порядок запуска и размерность вектора LSP первой стадии

Номер вектора расщепления: n	Стартовый порядок LSP: sp	Размерность вектора: dim
0	0	5
1	5	5

Во второй стадии вышеупомянутые два метода квантования, которые являются также квантователями вектора с разбиением надвое, применены соответственно. Полные ошибки квантования во второй стадии подсчитываются для всех комбинаций кандидатов первой стадии и кандидатов второй стадии, и выбирается тот, у которого минимальная ошибка. В результате определяются индексы первой стадии и соответствующие индексы, и знаки для второй стадии сохраняются в $lpc_indices[2]$ и $lpc_indices[3]$. Флажок, который указывает выбранный метод квантования, также сохраняется в $lpc_indices[4]$. Ошибка квантования во второй стадии $err2_total$ дается выражением:

VQ без межфреймового предсказания:

$$err2_total = err2[0] + err2[1]$$

$$err2[n] = \sum_{i=0}^{dim-1} \left\{ (lsp_res[sp+i] - sign[n] \cdot d_tbl[n][m][i])^2 \cdot w[sp+i] \right\} \quad n=0,1$$

$$lsp_res[sp+i] = lsp[sp+i] - lsp_first[sp+i],$$

где $lsp_first[]$ является квантованным вектором LSP первой стадии, n — число разбиения вектора, m является индексом вектора разбиения кандидата, sp — стартовый порядок LSP n -го вектора разбиения и dim является размерностью n -го вектора разбиения.

VQ с межфреймовым предсказанием:

$$err2_total = err2[0] + err2[1]$$

$$err2[n] = \sum_{i=0}^{dim-1} \left\{ (lsp_pres[sp+i] - sign[n] \cdot pd_tbl[n][m][i])^2 \cdot w[sp+i] \right\} \quad n=0,1$$

$$lsp_pres[sp+i] = lsp[sp+i] -$$

$$\{(1 - ratio_predict) \cdot lsp_first[sp+i] + ratio_predict \cdot lsp_previous[sp+i]\},$$

где $lsp_first[]$ является квантованным вектором LSP первой стадии, n — номер вектора разбиения, m является индексом вектора разбиения кандидата, sp — стартовый порядок LSP n -го вектора разбиения, dim является размерностью n -го вектора разбиения и $ratio_predict=0,5$ (см. таблицу В.6).

Т а б л и ц а В.6 — Порядок запуска и размерность вектора LSP второй стадии

Номер вектора расщепления: n	Стартовый порядок LSP: sp	Размерность вектора: dim
0	0	5
1	5	5

Квантованные LSPs $lsp_current[]$ стабилизированы, чтобы гарантировать стабильность фильтра синтеза LPC, который получен из квантованных LSPs. Квантованные LSPs упорядочены, имея расстояние, по крайней мере, min_gap между смежными коэффициентами.

```
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    if (lsp_current[i] < min_gap)
    {
        lsp_current[i] = min_gap;
    }
}
for (i = 0; i < lpc_order - 1; i++)
{
```

```

    if (lsp_current[i+1] - lsp_current[i] < min_gap)
    {
        lsp_current[i+1] = lsp_current[i]+min_gap;
    }
}
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    if (lsp_current[i] > 1-min_gap)
    {
        lsp_current[i] = 1-min_gap;
    }
}
for (i = lpc_order - 1; i > 0; i--)
    if (lsp_current[i]-lsp_current[i-1] < min_gap)
    {
        lsp_current[i-1] = lsp_current[i]-min_gap;
    }
}

```

где $min_gap = 2,0/256,0$

После процесса квантования квантованные LSPs в каждом подфрейме линейно интерполируются.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
    ratio_sub=(n+1)/nrof_subframes;
    for (i = 0; i < lpc_order; i++)
    {
        lsp_subframe[n][i]=((1-
            ratio_sub)*lsp_previous[i]+ratio_sub*lsp_current[i]);
    }
}

```

Интерполированные LSPs конвертируются в LPCs, используя вспомогательную функцию *Convert2lpc()*.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
    Convert2lpc(lpc_order, lsp_subframe[n], int_Qlpc_coefficients +
        n*lpc_order);
}

```

После вычисления коэффициентов LPC текущие LSPs должны быть сохранены в памяти, так как они используются для интерполяции в следующем фрейме.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    lsp_previous[i] = lsp_current[i];
}

```

Сохраненные LSPs *lsp_previous[]* должны быть инициализированы, как описано ниже, когда инициализируется весь кодер.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
    lsp_previous[i] = (i+1) / (lpc_order+1);
}

```

В.6.2 Инструмент квантования широкополосного LSP

В.6.2.1 Описание инструмента

Инструмент квантования широкополосный LSP квантует коэффициенты LPC как параметры LSP, используя методику двухступенчатого и с разбиением вектора квантования.

В.6.2.2 Определения

Вход

lpc_coefficients[]: Это массив размерности *lpc_order*, содержит коэффициенты текущего неквантованного LPC.

Выход

int_Qlpc_coefficients[]: Это массив длины *nrof_subframes * lpc_order*, содержит интерполированные и квантованные коэффициенты LPC для каждого подфрейма. Коэффициенты LPC для каждого подфрейма расположены в стеке друг за другом, образуя массив *nrof_subframes * lpc_order*.

lpc_indices[]: Это массив размерности *num_lpc_indices*, содержит упакованные индексы *lpc*, которые приписаны потоку бит.

Конфигурация

lpc_order: Это поле содержит порядок LPC.

num_lpc_indices: Эти поля указывают число упакованных кодов *LPC*

n_lpc_analysis: Это поле содержит число параметров *LPC*

prof_subframes: Это поле содержит число подфреймов

В.6.2.3 Процесс кодирования

Схема квантования основана на узкополосном квантовании *LSP*. Квантователь состоит из двух блоков квантования, соединенных параллельно, каждый из которых идентичен инструменту узкополосного квантования *LSP*. Входные *LSPs* делятся на две части, а именно, нижняя часть и верхняя часть, затем разделенные *LSPs* вводятся в блоки квантования соответственно.

Во-первых, нижняя часть квантуется тем же самым способом как узкополосное квантование *LSP*. Стартовый порядок и размерность векторов *LSP* описаны в таблицах В.7 и В.8. Квантованные *LSPs* сохраняются в массиве *lsp_current_lower[]*.

Т а б л и ц а В.7 — Стартовый порядок и размерность вектора *LSP* первой стадии

Номер вектора расщепления: <i>l</i>	Стартовый порядок порядка нижнего <i>LSP</i> : <i>sp</i>	Размерность вектора: <i>dim</i>
0	0	5
1	5	5

Т а б л и ц а В.8 — Стартовый порядок и размерность вектора *LSP* второй стадии

Номер вектора расщепления: <i>l</i>	Стартовый порядок порядка нижнего <i>LSP</i> : <i>sp</i>	Размерность вектора: <i>dim</i>
0	0	5
1	5	5

Затем, тем же самым способом квантуется верхняя часть. Стартовый порядок и размерность векторов *LSP* описаны в таблице В.9 и таблице В.10. Квантованные *LSPs* сохраняются в массиве *lsp_current_upper[]*. В квантовании верхней части индексы первой стадии сохраняются в *lpc_indices* [5] и *lpc_indices* [6], а индексы и знаки для второй стадии сохраняются в *lpc_indices* [7] и *lpc_indices* [8]. Флажок, который указывает выбранный метод квантования, также сохраняется в *lpc_indices* [9].

Т а б л и ц а В.9 — Стартовый порядок и размерность вектора *LSP* первой стадии

Номер вектора расщепления: <i>l</i>	Стартовый порядок порядка верхнего <i>LSP</i> : <i>sp</i>	Размерность вектора: <i>dim</i>
0	0	5
1	5	5

Т а б л и ц а В.10 — Стартовый порядок и размерность вектора *LSP* второй стадии

Номер вектора расщепления: <i>l</i>	Стартовый порядок порядка верхнего <i>LSP</i> : <i>sp</i>	Размерность вектора: <i>dim</i>
0	0	5
1	5	5

Наконец, декодированные *LSPs* (*lsp_current_lower[]* и *lsp_current_upper[]*) объединяются и сохраняются в массиве *lsp_current[]*.

```
for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{
    lsp_current[i] = lsp_current_lower[i];
}
for (i = 0; i < lpc_order/2; i++)
{
    lsp_current[lpc_order/2+i] = lsp_current_upper[i];
}
```

Квантованные *LSPs*, *lsp_current[]* стабилизируются, чтобы гарантировать стабильность фильтра синтеза *LPC*, который получают из квантованных *LSPs*. Квантованные *LSPs* упорядочиваются в порядке возрастания, имея расстояние, по крайней мере, *min_gap* между смежными коэффициентами

```
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
```

```

{
  if (lsp_current[i] < min_gap)
  {
    lsp_current[i] = min_gap;
  }
}
for (i = 0; i < lpc_order - 1; i++)
{
  if (lsp_current[i+1] - lsp_current[i] < min_gap)
  {
    lsp_current[i+1] = lsp_current[i] + min_gap;
  }
}
for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  if (lsp_current[i] > 1 - min_gap)
  {
    lsp_current[i] = 1 - min_gap;
  }
}
for (i = lpc_order - 1; i > 0; i--)
{
  if (lsp_current[i] - lsp_current[i-1] < min_gap)
  {
    lsp_current[i-1] = lsp_current[i] - min_gap;
  }
}

```

где $lpc_order = 20$ и $min_gap = 1,0/256,0$

После процесса квантования квантованные *LSPs* линейно интерполируются в каждом подфрейме.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
  ratio_sub = (n+1)/nrof_subframes;
  for (i = 0; i < lpc_order; i++)
  {
    lsp_subframe[n][i] = ((1-ratio_sub)*lsp_previous[i] + ratio_sub*lsp_current[i]);
  }
}

```

Интерполированные *LSPs* преобразуются в *LPCs*, используя вспомогательную функцию *Convert2lpc()*.

```

for (n = 0; n < nrof_subframes; n++)
{
  Convert2lpc(lpc_order, lsp_subframe[n], int_Qlpc_coefficients + n*lpc_order);
}

```

После вычисления коэффициентов *LPC* текущие *LSPs* должны быть сохранены в памяти, так как они используются для интерполяции в следующем фрейме.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = lsp_current[i];
}

```

Сохраненные *LSPs*, *lsp_previous[]*, должны быть инициализированы как описано ниже, когда инициализируется весь кодек.

```

for (i = 0; i < lpc_order; i++)
{
  lsp_previous[i] = (i+1) / (lpc_order+1);
}

```

В.6.3 Инструмент квантования *LSP* с масштабируемой полосой пропускания

В.6.3.1 Описание инструмента

Инструмент квантования *LSP* с масштабируемой полосой пропускания квантует входные *LSPs* с частотой дискретизации 16 кГц, используя схему векторного квантования с внутрифреймовым и межфреймовым предсказанием.

В.6.3.2 Определения

Вход

lpc_coefficients[]: Это — массив размерности *lpc_order*, содержит текущие неквантованные коэффициенты *LPC*.

lsp_current[]: Этот массив содержит декодированные параметры *LSP*, которые нормализованы в диапазоне от нуля до *PI*, в инструменте узкополосного квантования *LSP*. Эти параметры получают как промежуточные параметры в процессе узкополосного квантования *LSP* и отправляют на инструмент декодирования *LSP* с масштабируемой полосой пропускания

Выход

int_Qlpc_coefficients[]: Это массив длины *nrof_subframes * lpc_order*, содержит интерполированные и квантованные коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма. Коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма расположены в стеке один за другим, образуя массив *nrof_subframes * lpc_order*.

lpc_indices[]: Это массив размерности *num_lpc_indices*, содержит упакованные индексы *lpc*, которые приписаны потоку бит.

Конфигурация

lpc_order: Это поле содержит порядок *LPC*

num_lpc_indices: Эти поля указывают число упакованных кодов *LPC*

l_lpc_analysis: Это поле содержит число параметров *LPC*

nrof_subframes: Это поле содержит число подфреймов

nrof_subframes_bws: Этот параметр является переменной справки, представляет число подфреймов в уровне масштабируемой полосы пропускания.

В.6.3.3 Процесс кодирования

Входные *LSPs* с частотой дискретизации 16 кГц (*input_lsp[]*) являются векторно-квантованными методом внутрифреймового и межфреймового предсказания. Модуль внутрифреймового предсказания производит оценочные *LSPs*, преобразовывая квантованные *LSPs*, полученные в кодере *CELP* с частотой дискретизации 8 кГц. Кроме того, для более точного предсказания также используется предиктивный *VQ* межфреймового скользящего среднего. Остаточные *LSPs* предсказания (*err_lsp[]*) вычисляются следующим образом:

```
for (i = 0; i < 20; i++)
{
    err_lsp[i] = (input_lsp[i] - pred_lsp[i]) /
    bws_ma_prdct[0][i];
}
for (n = 1; n <= 2; n++)
{
    for (i = 0; i < 20; i++)
    {
        pred_lsp[i] += bws_ma_prdct[n][i]*lsp_bws_buf[n][i];
    }
}
for (i = 0; i < 10; i++)
{
    pred_lsp[i] += bws_nw_prdct[i]*lsp_current[i];
}
```

где *pred_lsp[]* содержат предсказанные *LSPs*. *bws_ma_prdct[][]* и *bws_nw_prdct[]* являются коэффициентами предсказания для межфреймового предсказания скользящего среднего и внутрифреймового предсказания соответственно. *lsp_bws_buf[][]* является буфером, содержащим остаток предсказания *LSP* в предыдущих двух фреймах.

Тогда, *err_lsp[]* являются векторно-квантованными, используя схему двухступенчатого и с разбиением вектора квантования, и соответствующие индексы сохраняются в *lpc_indices[5]...*, *lpc_indices[10]*. Буфер *lsp_bws_buf[][]* сдвигается для операции следующего фрейма следующим образом:

```
for (i = 0; i < 20; i++)
{
    lsp_bws_buf[0][i] = err_lsp[i];
}
for (n = 2; n > 0; n--)
{
    for (i = 0; i < 20; i++)
    {
        lsp_bws_buf[n][i] = lsp_bws_buf[n-1][i];
    }
}
}
```

После процесса квантования квантованные *LSPs* (*lsp_bws_current[]*) линейно интерполируются в каждом подфрейме.

```
for (n = 0; n < nrof_subframes_bws; n++)
{
    ratio_sub = (n+1)/nrof_subframes_bws;
```

```

for (i = 0; i < 2*lpc_order; i++)
{
    lsp_bws_subframe[n][i] = ((1-ratio_sub)*lsp_bws_previous[i]
        + ratio_sub*lsp_bws_current[i]);
}
}
for (i = 0; i < 2*lpc_order; i++)
{
    lsp_bws_previous[i] = lsp_bws_subframe[nrof_subframes_bws-1][i];
}
Интерполированные LSPs конвертируются в коэффициенты LPC в каждом подфрейме.
for (n = 0; n < nrof_subframes_bws; n++)
{
    Convert2lpc (lpc_order_bws, lsp_bws_subframe[n],
        &int_Qlpc_coefficients[n*lpc_order_bws]);
}

```

В.6.4 Тонкое управление скоростью в инструменте квантования LSP

В.6.4.1 Описание инструмента

Тонкое управление скоростью (*FRC*) доступно с применением инструмента квантования *LSP*. Если используется *FRC*, массив *lpc_coefficients[]* содержит коэффициенты *LPC* следующего фрейма, который является фреймом, следующим после обрабатываемого в данное время фрейма. Принимается решение, передавать ли *LSPs* обрабатываемого в настоящее время фрейма в декодер. Согласно решению, *interpolation_flag* и *LPC_present* устанавливаются в 1 или 0.

В.6.4.2 Определения

Вход

lpc_coefficients[]: Это массив размерности *lpc_order*, который содержит коэффициенты текущего неквантованного *LPC*

Выход

int_Qlpc_coefficients[]: Это массив длины *nrof_subframes * lpc_order*, который содержит интерполированные и квантованные коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма. Коэффициенты *LPC* для каждого подфрейма расположены в стеке один за другим, образуя массив *nrof_subframes * lpc_order*

lpc_indices[]: Это массив размерности *num_lpc_indices*, содержит упакованные индексы *lpc*, которые записаны в потоке бит

interpolation_flag: Это поле указывает, выполнена ли интерполяция коэффициентов *LPC* между фреймами.

Если флажок интерполяции установлен, текущие коэффициенты *LPC* вычислены из предыдущих и следующих коэффициентов *LPC*

LPC_Present: Этот флажок указывает, закончен ли текущий фрейм или неполон

В.6.4.3 Процесс кодирования

Решение о том, передавать ли коэффициенты *LPC* анализируемого речевого фрейма на декодер, зависит от количества различий *d* между спектром текущего фрейма и спектрами смежных фреймов. Если *d* больше, чем заданный порог, тогда коэффициенты передаются в декодер. Этот порог далее сделан зависящим от установки желательной битовой скорости следующим образом: порог поднят, если фактическая битовая скорость выше, чем установка желательной битовой скорости, а иначе — понижен.

В.7 Фильтр анализа CELP LPC

В.7.1 Описание инструмента

Инструмент фильтра анализа *CELP LPC* подает входные сигналы через фильтр с коэффициентами *LPC* и возвращает остаточный сигнал.

В.7.2 Определения

Вход

PP_InputSignal[]: Этот массив имеет размерность *sbfrm_size* и содержит входной сигнал

int_Qlpc_coefficients[]: Этот массив имеет размерность *lpc_order* и содержит коэффициенты *LPC*

Выход

lpc_residual[]: Этот массив имеет размерность *sbfrm_size* и содержит фильтрованный остаточный сигнал *LPC*

Конфигурация

lpc_order: Это поле указывает порядок *LPC*

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в одном подфрейме

В.7.3 Процесс кодирования

Входной сигнал фильтруется, используя коэффициенты фильтра.

for (*k* = 0; *k* < *sbfrm_size*; *k*++)

```

{
    tmp = PP_InputSignal[k];

```

```

    for (j = 0; j < lpc_order; j++)
    {
        tmp = tmp - int_Qlpc_coefficients[j] * Filter_States[j];
    }
    lpc_residual[k] = tmp;
    update_Filter_States;
}

```

Начальные состояния фильтра установлены на нуль.

В.8 Модуль взвешивания CELP

В.8.1 Описание инструмента

Модуль взвешивания CELP вычисляет значения, которые будут применены к коэффициентам LPC.

В.8.2 Определения

Вход

lpc_coefficients[]: Это массив размерности *lpc_order*, содержащий коэффициенты LPC

gamma_num: Это поле содержит коэффициент взвешивания числителя

gamma_den: Это поле содержит коэффициент взвешивания знаменателя

Выход

Wnum_coeff[]: Это массив размерности *Wnum_order*, содержащий взвешенные коэффициенты числителя

Wden_coeff[]: Этот массив имеет размерность *Wden_order* и содержит взвешенные коэффициенты знамена-

теля

Конфигурация

lpc_order: Это поле содержит порядок LPC

В.8.3 Процесс кодирования

Взвешенные коэффициенты числителя вычисляются согласно выражению:

```

for (k = 0; k < Wnum_order; k++)
{
    Wnum_coeff[k] = lpc_coefficients[k] * gamma_numk+1;
}

```

Взвешенные коэффициенты знаменателя вычисляются согласно выражению:

```

for (k = 0; k < Wden_order; k++)
{
    Wden_coeff[k] = lpc_coefficients[k] * gamma_denk+1;
}

```

В.9 Анализ возбуждения CELP

Анализ возбуждения CELP вычисляет векторы формы и усиления, а также декодированный синтезированный речевой сигнал. Для модулей анализа возбуждения определены возбуждение регулярным импульсом (RPE) и мультиимпульсное возбуждение (MPE).

В.9.1 Возбуждение регулярным импульсом

В.9.1.1 Описание инструмента

Для возбуждения регулярным импульсом выходом анализа возбуждения являются *shape_delay[]*, *shape_index[]* и *gain_indices[]*. Индексы формы и усиления генерируют каждый подфрейм. Вектор *shape_delay[]* содержит задержку адаптивной книги шифров для каждого подфрейма, в то время как вектор *shape_index[]* содержит индекс фиксированной книги шифров. Вектор *gain_indices[0][][]* содержит усиление адаптивной книги шифров для каждого подфрейма. Усиление фиксированной книги шифров для каждого подфрейма сохраняется в векторе *gain_indices[1][][]*.

В.9.1.2 Определения

Вход

PP_inputSignal[]: Этот массив содержит преобработанный входной сигнал и имеет размерность *sfrm_size*

lpc_residual[]: Этот массив содержит остаточный сигнал lpc

int_Qlpc_coefficients[]: Этот массив содержит коэффициенты интерполированного и квантованного LPC

Wnum_coeff[]: Этот массив содержит коэффициенты фильтра взвешивания числителя

Wden_coeff[]: Этот массив содержит коэффициенты фильтра взвешивания знаменателя

first_order_lpc_par: Это поле указывает первый коэффициент LPC

lag_candidates[]: Этот массив содержит кандидатов задержки

signal_mode: Это поле содержит флажок речевой/неречевой

mc_index: Это поле определяет индекс для мощности сигнала

Выход

shape_delay[]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит задержку книги шифров для адаптивных книг шифров

shape_index[]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит индексы формы для фиксированных книг шифров

gain_indices[][]: Этот массив имеет размерность $2 * nrof_subframes$. Он содержит индексы усиления для адаптивной и фиксированной книг шифров

decoded_excitation[]): Этот массив имеет длину *sbfrm_size* и содержит синтезируемый речевой сигнал

Конфигурация

n_lag_candidates: Это поле указывает число кандидатов задержки

frame_size: Это поле указывает количество отсчетов в одном фрейме

sbfrm_size: Это поле указывает количество отсчетов в одном подфрейме

nrof_subframes: Это поле указывает число подфреймов в одном фрейме

lpc_order: Это поле указывает порядок LPC

В.9.1.3 Процесс кодирования

Все блоки выполнены на основе единой для подфрейма базы. Для каждого подфрейма выполняются следующие шаги:

перцепционное взвешивание,

предварительный выбор поиска адаптивной книги шифров,

поиск адаптивной книги шифров,

предварительный выбор поиска фиксированной книги шифров,

поиск фиксированной книги шифров,

моделирование декодера.

Затем каждый шаг будет описан подробно. Для удобства вместо *int_Qlpc_coefficients*[] используется *aq*[], таким образом *aq*[] содержит квантованные коэффициенты LPC для рассматриваемого подфрейма.

Перцепционное взвешивание выполняется фильтрацией входного сигнала *PP_InputSignal*[] следующим фильтром:

$$W(z) = \frac{A(z)}{A(z/\gamma)} = \frac{1 - \sum_{k=0}^{lpc_order-1} aq[k] \cdot z^{-k-1}}{1 - \sum_{k=0}^{lpc_order-1} aq[k] \cdot \gamma^{k+1} \cdot z^{-k-1}}$$

при $\gamma = 0,8$. Получающийся сигнал называют *ws*[*n*].

Отклик на нулевой вход *z*[*n*] определяется вычислением отклика *S*(*z*) на входной сигнал с нулевым значением.

$$S(z) = \frac{1}{A(z/\gamma)} = \frac{1}{1 - \sum_{k=0}^{lpc_order-1} aq[k] \cdot \gamma^{k+1} \cdot z^{-k-1}}$$

где $\gamma = 0,8$.

Взвешенный целевой сигнал *t*[*n*] получают вычитанием *z*[*n*] из *ws*[*n*].

for (*n* = 0; *n* < *Nm*; *n*++)

{

t[*n*] = *ws*[*n*] - *z*[*n*];

}

Импульсная передаточная функция *h*[*n*] вычисляется следующим образом:

for (*k* = 0; *k* < *lpc_order*; *k*++)

{

tmp_states[*k*] = 0;

}

tmp = 1.0;

for (*n* = 0; *n* < *sbfrm_size*; *n*++)

{

g = 0.8;

for (*k* = 0; *k* < *lpc_order*; *k*++)

{

tmp = *tmp* + *aq*[*k*][*s*] * *g* * *tmp_states*[*k*];

g = 0.8 * *g*;

}

h[*n*] = *tmp*;

for (*k* = *lpc_order*-1; *k* > 0; *k*--)

{

tmp_states[*k*] = *tmp_states*[*k*-1];

}

tmp_states[0] = *tmp*;

}

После вышеупомянутых вычислений выполняется предварительная выборка в адаптивной книге шифров. Адаптивная книга шифров содержит 256 последовательностей книги шифров, из которых 5 предвыбраны. Предварительная выборка достигается, оценивая элемент (для $0 \leq l < Lm$ и $0 \leq i < nrof_subframes$):

$$rap[i \cdot Lm + l] = \frac{\left(\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} ca[Lmin+i \cdot sbfm_size + l \cdot 3 - n - 1] \cdot ta[n] \right)^2}{Ea[i \cdot Lm + l]},$$

где

$$Lm = 1 + \left\lfloor \frac{sbfm_size - 1}{3} \right\rfloor$$

и $ca[Lmin + i \cdot sbfm_size + 3l - n - 1]$ и $ta[n]$, представляющих последовательность книги шифров при задержке ($Lmin + i \cdot sbfm_size + 3l$) и «фильтрованном в обратном направлении» целевом сигнале $t[n]$, соответственно.

Обратная фильтрация включает обращение времени $t[n]$, фильтрацию $S(z)$ и снова обращение времени. $Lmin$ — минимальная задержка в отсчетах. Значение $Lmin$ равно 40.

$Ea[i, Lm + l]$ является энергией той последовательности книги шифров, фильтрованной фильтром синтеза уменьшенной сложности $S_p(z)$, которая является оценкой первого порядка фильтра синтеза $LPC S(z)$:

$$S_p(z) = \frac{1}{A_p} (z/\gamma) = \frac{1}{1 - \alpha \cdot \gamma \cdot z^{-1}}.$$

Первый коэффициент LPC фрейма берется для α . В зависимости от номера подфрейма, который рассматривается, первый коэффициент LPC текущего или предыдущего берется, используя следующее:

```
if (subframe_number < nr_subframes/2)
    a = prev_a;
else
{
    a = cur_a;
}
```

После оценки $rap[l]$ выбираются максимально 5 последовательностей совместно с их 2 соседними последовательностями, приводя к 15 кандидатам, к которым применяется полный поиск. Индексы предвыбранных последовательностей и их соседей сохраняются в $ia[r]$ ($0 \leq r < 15$).

Поиск адаптивной книги шифров минимизирует среднеквадратическую взвешенную ошибку между оригиналом и восстановленный речью. Это достигается поиском индекса r , максимизирующего элемент

$$ra[r] = \frac{\left(\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} t[n] \cdot y[r][n] \right)^2}{\left(\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} y^2[r][n] \right)}.$$

Сигнал $t[n]$ представляет взвешенный целевой сигнал, $y[r][n]$ — свертка последовательности $ca[ia[r]-n-1]$ с импульсной передаточной функцией $h[n]$. Индекс $(ia[r]-Lmin)$ максимума обозначен как $shape_delay[subframe]$.

После определения индекса коэффициент усиления вычисляется согласно

$$g = \frac{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} t[n] \cdot y'[n]}{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} y'^2[n]}$$

при $y'[n]$ равном свертке $ca[l+Lmin-n-1]$ с $h[n]$. Коэффициент усиления квантуется неоднородным квантователем:

```
for (j = 0; abs(g) > cba_gain_quant[j] && j < 31; j ++);
if (g < 0)
{
    Ga = -cba_gain[j];
    gain_indices[0] = (((-j - 1) & 63);
}
Else
{
    Ga = cba_gain[j];
    gain_indices[0][subframe] = j;
}
```

Квантованный коэффициент усиления называют G_a . С помощью $shape_delay[]$ и G_a вычисляется вклад $p[n]$ адаптивной книги шифров согласно

$$p[n] = G_a \cdot y'[n].$$

Вклад $p[n]$ адаптивной книги шифров вычитается из взвешенного целевого сигнала $t[n]$, чтобы получить остаточный сигнал $e[n]$:

$$e[n] = t[n] - p[n], 0 \leq n < sbfrm_size.$$

Остаточный сигнал $e[n]$ «фильтруется в обратном направлении», чтобы получить $tf[n]$.

Поиск фиксированной книги шифров также состоит из предварительного выбора и фазы выбора. Для возбуждения фиксированной книги шифров используется RPE-книга шифров. Каждый вектор книги шифров имеет $sbfrm_size$ импульсов, из которых N_p импульсов могут быть с амплитудой +1, 0 или -1. Эти N_p импульсов позиционируются в регулярную сетку, определенную фазой p и междуимпульсным промежутком D таким образом, что позиции сетки равны $p + D \cdot l$, где l между 0 и N_p . Оставшиеся ($sbfrm_size - N_p$) импульсов являются нулевыми. D и N_p зависят от установки битовой скорости, как дано в таблице 87.

Чтобы уменьшить сложность, локальная RPE-книга шифров генерируется для каждого подфрейма, содержащего подмножество 16 входов. У всех векторов этой локальной RPE-книги шифров одна и та же фаза P , которая вычисляется следующим образом:

```
max = 0;
for (p = 0; p < D; p++)
{
    tmp_max = 0;
    for (l = 0; l < Np-1; l++)
    {
        tmp_max += abs(tf[p+D * l]);
    }
    if (tmp_max > max)
    {
        max = tmp_max;
        P = p;
    }
}
```

Определив фазу P , нужно чтобы амплитуда импульса 1, $0 \leq l < N_p$ была нулем, или равной знаку соответствующего отсчета $tf[n]$. Знак сохраняется в $amp[l]$ следующим образом:

```
for (l = 0; l < Np; l++)
{
    amp[l] = sign (tf [P + D * l]);
}
```

где знак равен +1 для значений, больших 0 и -1 — в ином случае.

Для импульсов N_p-4 возможность нулевой амплитуды исключена априорно в тех позициях, где $tf[n]$ максимален. Поэтому используется массив $pos[]$, который имеет следующую семантику:

$pos[l] = 0$ указывает, что возможность нулевой амплитуды включена для импульса l .

$pos[l] = 1$ указывает, что возможность нулевой амплитуды исключена.

Чтобы определить массив $pos[]$, используется следующий алгоритм:

1. Инициализировать $pos[]$ нулями,
2. Определить n таким образом, чтобы выполнялось $abs(tf [P + D * n]) >= abs (tf [P + D * i])$ для всех i не равных n ,

3. $pos[n] = 1$,

4. $tf [P + D * n] = 0$,

5. Продолжить с шагом 2, пока не фиксируются N_p-4 позиций.

На основе P $amp[]$ и pos генерируется локальная RPE-книга шифров $cf[k][n]$, используя следующий алгоритм:

```
for (k = 0; k < 16; k++)
{
    for (n = 0; n < sbfrm_size; n++)
    {
        cf[k][n] = 0;
    }
}
for (l = 0; l < Np; l++)
{
    cf[0][P+D*l]=amp[l];
}
m = 1;
```

```

for (l = 0; l < Np; l++)
{
  if (pos[l] == 0)
  {
    c = m;
    for (q = 0; q < c; q++)
    {
      for (n = 0; n < Np; n++)
      {
        cf[m][P+D*n] = cf[q][P+D*n];
      }
      cf[m++][P+D*0] = 0;
    }
  }
}

```

На основе локальной RPE-книги шифров предварительно выбираются 5 векторов из 16 для поиска с обратной связью. Предварительная выборка достигается путем оценки элемента для $0 \leq k < 16$:

$$rfp[k] = \frac{\left(\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} cf[k][n] \cdot lf[n] \right)^2}{Ef[l]}$$

с $cf[k][n]$ представлением вектора локальной RPE-книги шифров. $Ef[k]$ является энергией этого вектора книги шифров, фильтрованного фильтром синтеза уменьшенной сложности $S_p(z)$. Индексы предвыбранных векторов сохраняются в $if[r]$.

Используя эти предвыбранные индексы, выполняется поиск фиксированной книги шифров с обратной связью. С помощью поиска фиксированной книги шифров с обратной связью разыскивается индекс r , максимизирующий элемент

$$rf[r] = 2 \cdot Gf \cdot \sum_{n=0}^{sbfm_size-1} e[n] \cdot y[r][n] - Gf^2 \cdot \sum_{n=0}^{sbfm_size-1} y^2[r][n].$$

Сигнал $e[n]$ представляет остаточный сигнал поиска адаптивной книги шифров, а $y[r][n]$ — свертка $cf[if[r]][n]$ с импульсной реакцией $h[n]$. Gf — квантованный коэффициент усиления g , который определяется согласно

$$g = \frac{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} e[n] \cdot y[r][n]}{\sum_{n=0}^{sbfm_size-1} y^2[r][n]}.$$

Процесс квантования усиления фиксированной книги шифров дается ниже, где Gp — предыдущее квантованное усиление фиксированной книги шифров.

```

if (first subframe)
{
  for (m = 0; g > cbf_gain_quant[m] && m < 30; m ++);
  Gf = cbf_gain[m];
}
else
{
  g = g / Gp;
  for (m = 0; g > cbf_gain_quant_diff[m] && m < 7; m ++);
  g = Gp * cbf_gain_diff[m];
}
gain_indices[0] = m.

```

Представления cbf_gain и cbf_gain_dif даются в таблице 89 и таблице 90; таблицы квантования cbf_gain_quant и $cbf_gain_quant_dif$ даются ниже.

Наконец, декодер моделируется, выполняя следующие шаги:
 подсчитывается возбуждение фиксированной книги шифров,
 суммируются возбуждение фиксированной и адаптивной книг шифров,
 обновляется память адаптивной книги шифров,
 обновляется память фильтров.

Детальное описание этих шагов приводится в декодере.

Таблицы В.11, В.12, В.13 используются для квантования усиления

Т а б л и ц а В.11 — Таблица квантования для усиления адаптивной книги шифров

Индекс	<i>Cba_gain_quant</i>
0	0.1622
1	0.2542
2	0.3285
3	0.3900
4	0.4457
5	0.4952
6	0.5425
7	0.5887
8	0.6341
9	0.6783
10	0.7227
11	0.7664
12	0.8104
13	0.8556
14	0.9005
15	0.9487

Индекс	<i>Cba_gain_quant</i>
16	0.9989
17	1.0539
18	1.1183
19	1.1933
20	1.2877
21	1.4136
22	1.5842
23	1.8559
24	2.3603
25	3.8348
26	7.6697
27	15.339
28	30.679
29	61.357
30	122.71
31	245.43

Т а б л и ц а В.12 — Таблица квантования для усиления фиксированной книги шифров

Индекс	<i>Cbf_gain_quant</i>
0	2.4726
1	3.1895
2	4.2182
3	5.6228
4	7.3781
5	9.5300
6	12.1013
7	15.2262
8	19.0319
9	23.6342
10	29.1562
11	35.3606
12	42.8301
13	51.1987
14	60.6440
15	70.9884

Индекс	<i>Cbf_gain_quant</i>
16	82.3374
17	95.3755
18	109.8997
19	126.3037
20	144.3995
21	165.5142
22	190.9742
23	220.6299
24	258.2699
25	305.5086
26	368.5894
27	453.5156
28	573.6164
29	801.6422
30	9999.9
31

Т а б л и ц а В.13 — Таблица квантования для разностного усиления фиксированной книги шифров

Индекс	<i>Cbf_gain_quant</i>
0	0.2500
1	0.5378
2	0.7795
3	1.0230

Индекс	<i>Cbf_gain_quant</i>
16	1.3356
17	1.8869
18	4.2000
19	9999.9

V.9.2 Мультиимпульсное возбуждение

V.9.2.1 Описание инструмента

Для кодера CELP, базирующегося на мультиимпульсном возбуждении, выходом анализа возбуждения являются *signal_mode*, *rmc_index*, *shape_delay*[], *shape_positions*[], *shape_signs*[] и *gain_index*[], Коэффициенты формы и усиления генерируют каждый подфрейм. Вектор *shape_delay*[] содержит задержку адаптивной книги шифров для каждого подфрейма, в то время как векторы *shape_positions*[] и *shape_signs*[] содержат позиции импульса и знаки соответственно. Усиление адаптивной книги шифров и мультиимпульсное усиление для каждого подфрейма представляют собой вектор, квантованный и сохраненный в векторе *gain_index*[].

V.9.2.2 Определения

Вход

PP_inputSignal[]): Этот массив содержит предобработанный входной сигнал и имеет размерность *sfrm_size*

int_Qlpc_coefficients[]): Этот массив содержит коэффициенты интерполированного и квантованного LPC

Wnum_coeff[]): Этот массив содержит взвешенные коэффициенты фильтра числителя

Wden_coeff[]): Этот массив содержит взвешенные коэффициенты фильтра знаменателя

Выход

signal_mode: Это поле содержит флажок голосовой/неголосовой

rmc_index: Это поле определяет индекс для мощности сигнала

shape_delay[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит задержку книги шифров для адаптивной и фиксированной книг шифров

shape_positions[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит позиции импульса

shape_signs[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит знаки импульса

gain_index[]): Этот массив имеет размерность *nrof_subframes*. Он содержит квантованное усиление вектора для адаптивной книги шифров и мультиимпульса

Конфигурация

frame_size: Это поле указывает число отсчетов в одном фрейме

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в одном подфрейме

nrof_subframes: Это поле указывает число подфреймов в одном фрейме

lpc_order: Это поле указывает порядок LPC

V.9.2.3 Процесс кодирования

Для кодера режима II сигнал возбуждения извлекается и кодируется на основе анализа через синтез с тремя шагами, поиска адаптивной книги шифров для периодического компонента, поиска фиксированной книги шифров для непериодического компонента и квантования усиления для каждого компонента. Целевой сигнал получают, вычитая реакцию на нулевой вход фильтров синтеза и перцепционного взвешивания из взвешенного входного речевого сигнала.

Квантование энергии фрейма

Среднеквадратичное (*rms*) значение отсчетов входа подфрейма вычисляется в последнем подфрейме. Значение *rms* скалярно-квантованное по шкале μ -law. Значения *rms* других подфреймов получают линейной интерполяцией квантованных значений *rms* в последнем подфрейме текущего и предыдущего фреймов. Квантованные значения *rms* используются для нормализации усиления.

Оценка шага без обратной связи и решение о режиме

Процедуры разомкнутой (без обратной связи) оценки шага и решения о режиме выполняются совместно каждый интервал анализа 10 мс, используя перцепционный взвешенный сигнал. Оценка шага выбирается, чтобы минимизировать квадратичную ошибку между текущим и предыдущим блоками взвешенных входных отсчетов. Усиление предсказания шага вычисляется для каждого интервала анализа. Каждый фрейм классифицируется в один из четырех режимов, основываясь на среднем усилении предсказания шага. Режимы 0 и 1 соответствуют неголосовому и переходному фреймам соответственно. Режимы 2 и 3 соответствуют голосовым фреймам, и у последнего более высокая периодичность, чем у предыдущего. Если длина подфрейма равна 5 мс, тот же самый шаг оценки используется в двух подфреймах для поиска шага с обратной связью.

Кодирование сигнала возбуждения

Сигнал возбуждения представлен линейной комбинацией адаптивного вектора кода и фиксированного вектора кода, масштабированных их соответствующими усилениями. Каждый компонент сигнала возбуждения последовательно выбирается процедурой поиска «анализа через синтез» так, чтобы перцепционная взвешенная ошибка между входным сигналом и восстановленным сигналом была минимальна. Параметрами адаптивного вектора кода являются задержка с обратной связью и усиление. Задержка с обратной связью выбирается в диапазоне, близком оценочной задержке без обратной связи. Адаптивный вектор кода генерируется из блока прошлых отсчетов сигнала возбуждения с выбранной задержкой с обратной связью. Фиксированный вектор кода содержит несколько ненулевых импульсов. Позиции импульсов ограничены в алгебраической структуре. Таблица ограничения позиций импульса устанавливается исходя из параметров. Чтобы улучшить производительность, после определения много-численных наборов кандидатов позиций импульса выполняется комбинаторный поиск между кандидатами позиции импульса и индексом амплитуды импульса. Усиления для адаптивного и для мультиимпульсного вектора кода нормализуются и векторно квантуются. Коэффициент нормализации вычисляется из квантованных коэффициентов LP, квантованного *rms* подфрейма и *rms* сигнала возбуждения. Книга кодов усиления изменяется в соответствии с режимом.

Поиск адаптивной книги шифров

Для каждого подфрейма оптимальная задержка определяется через анализ с обратной связью, так что среднеквадратичная ошибка между целевым сигналом $x(n)$ и взвешенным синтезируемым сигналом $y_t(n)$ адаптивного вектора кода минимальна

$$E_t = \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_t y_t(n))^2, \quad t_{op} - 8 < t < t_{op} + 8,$$

где t_{op} — задержка без обратной связи, определенная в анализе шага без обратной связи. g_t является оптимальным усилением следующим образом

$$g_t = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n)y_t(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} y_t^2(n)}.$$

Оптимальная задержка шага закодирована 8 битами, основываясь на соотношении между *shape_indices*[0] и задержкой (см. процесс декодирования).

Поиск фиксированной книги шифров

Вектор фиксированной книги шифров представлен позицией импульса и амплитудами импульса. Позиции импульса и амплитуды разыскиваются, чтобы минимизировать среднеквадратичную ошибку между целевым сигналом и взвешенным синтезируемым сигналом.

$$E_k = \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_t y_t(n) - g_k z_k(n))^2,$$

где g_k является оптимальным усилением следующим образом:

$$g_k = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_t y_t(n)) z_k(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} z_k^2(n)},$$

где k указывает возможную комбинацию *shape_indices*[1] и *shape_indices*[2] (см. 4.2). Вектор фиксированной книги шифров создается из позиций импульса и амплитуд импульса (см. 4.2). Взвешенный сигнал $z_k(n)$ вычисляется, пропуская вектор фиксированной книги шифров через фильтр синтеза $LP\ 1/A(z)$ и фильтр перцепционного взвешивания $W(z)$.

Квантование усиления

Усиления для адаптивного вектора кода и фиксированного вектора кода нормализуются остаточной энергией предсказания rs и скалярно квантуются. Остаточная энергия rs вычисляется на основе энергии фрейма и коэффициентов отражения. Энергия фрейма вычисляется каждый подфрейм как среднеквадратичное (*RMC*) значение и квантуется в домене μ -law. Коэффициенты отражения $k(i)$ конвертируются из интерполированных коэффициентов *LPCs* *int_Qlpc_coefficients*[]. Следовательно остаточная энергия предсказания (rs) подфрейма равна

$$rs = sbfrm_len \cdot q_amp^2 \cdot \prod_{i=1}^{N_p} (1 - k^2(i)),$$

где N_p — порядок анализа *LP*, q_amp — квантованная амплитуда *RMC*, а *sbfrm_len* — длина подфрейма.

Квантование усиления выполняется путем поиска пары коэффициентов усиления, которые минимизируют ошибку между целевым и взвешенным синтезируемым сигналом. Ошибка err_g , обусловленная квантованием усиления дается выражением:

$$err_g = \sum_{l=0}^{sbfrm_len-1} \left(\sqrt{\frac{rs}{pow_ac}} \cdot AdaptGainCB[m] \cdot ac_syn(i) + \sqrt{\frac{rs}{pow_sc}} \cdot FixedGainCB[n] \cdot sc_syn(i) - t \arg(i) \right)^2$$

$$pow_ac = \sum_{l=0}^{sbfrm_len-1} ac_ex^2(i)$$

$$pow_sc = \sum_{l=0}^{sbfrm_len-1} sc_ex^2(i),$$

где m и n — индексы, $ac_ex(i)$ — выбранный адаптивный вектор кода, $ac_syn(i)$ — сигнал, который синтезируется из $ac_ex(i)$ и перцепционно взвешивается, $sc_ex(i)$ — выбранный стохастический вектор кода, и $sc_syn(i)$ — сигнал, который синтезируется из $sc_ex(i)$ и перцепционно взвешивается.

Пара индексов n и m , которые минимизируют ошибку err_g , выбирается и сохраняется в $gain_indices[]$. Затем квантованное адаптивное усиление $qacg$, квантованное стохастическое $qscg$ и сигнал возбуждения $decoded_excitation(i)$ вычисляются следующим образом.

$$decoded_excitation(i) = qacg \cdot ac_ex(i) + gscg \cdot sc_ex(i) \quad (0 \leq i \leq sbfrm_Len - 1)$$

$$qacg = \sqrt{\frac{rs}{pow_ac}} \cdot AdaptGainCB[m]$$

$$qscg = \sqrt{\frac{rs}{pow_sc}} \cdot FixedGainCB[n]$$

В.9.3 Мультиимпульсное возбуждение с масштабируемой битовой скоростью

В.9.3.1 Описание инструмента

Выходом анализа возбуждения расширения являются $shape_enh_positions[]$, $shape_enh_signs[]$ и $gain_enh_index[]$. Индексы формы и усиления генерируются каждый подфрейм. Векторы $shape_enh_positions[]$ и $shape_enh_signs[]$ содержат позиции импульса расширения и знаки соответственно. Мультиимпульсное усиление расширения для каждого подфрейма является скалярной величиной, квантованной и сохраненной в векторе $gain_index[]$.

В.9.3.2 Определения

Вход

$PP_inputSignal[]$: Этот массив содержит предобработанный входной сигнал и имеет размерность sfm_size

$int_Qlpc_coefficients[]$: Этот массив содержит интерполированные и квантованные коэффициенты LPC

$Wnum_coeff[]$: Этот массив содержит взвешенные коэффициенты фильтра числителя

$Wden_coeff[]$: Этот массив содержит взвешенные коэффициенты фильтра знаменателя

Выход

$shape_enh_positions[]$: Этот массив имеет размерность $nrOf_subframes$. Он содержит позиции импульса

$shape_enh_signs[]$: Этот массив имеет размерность $nrOf_subframes$. Он содержит знаки импульса

$gain_enh_index[]$: Этот массив имеет размерность $nrOf_subframes$. Он содержит квантованные усиления вектора для адаптивной книги шифров и мультиимпульса

Конфигурация

$n_lag_candidates$: Это поле указывает число кандидатов задержки

$frame_size$: Это поле указывает число отсчетов в одном фрейме

$sbfrm_size$: Это поле указывает число отсчетов в одном подфрейме

$nrOf_subframes$: Это поле указывает число подфреймов в одном фрейме

lpc_order : Это поле указывает порядок LPC

В.9.3.3 Процесс кодирования

Вектор фиксированной книги шифров представлен позицией импульса и амплитудами импульса. Позиции и амплитуды импульсов разыскиваются, чтобы минимизировать среднеквадратичную ошибку между целевым сигналом и взвешенным синтезированным сигналом.

$$E_k = \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_k y_i(n) - g_k z_k(n))^2,$$

где g_k является оптимальным усилением следующим образом:

$$g_k = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_i y_i(n)) z_k(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} z_k^2(n)},$$

где k указывает возможную комбинацию $shape_enh_positions$ и $shape_enh_signs$ (см. 4.2). Вектор фиксированной книги шифров создается из позиций импульса и амплитуд импульса (см. 4.2). Взвешенный сигнал $z_k(n)$ вычисляется путем фильтрации, пропускающей вектор фиксированной книги шифров через фильтр синтеза LP $1/A(z)$ и фильтр перцепционного взвешивания $W(z)$.

В.9.4 Мультиимпульсное возбуждение для инструмента расширения полосы пропускания

В.9.4.1 Описание инструмента

Выходом анализа возбуждения в инструменте расширения полосы пропускания являются $shape_bws_delay[]$, $shape_bws_positions[]$, $shape_bws_signs[]$ и $gain_bws_index[]$. Индексы формы и усиления генерируются каждый подфрейм. Вектор $shape_bws_delay[]$ содержит задержку адаптивной книги шифров для каждого подфрейма, в то время как векторы $shape_bws_positions[]$ и $shape_bws_signs[]$ содержат позиции и знак импульса соответственно. Усиление адаптивной книги шифров и мультиимпульсное усиление для каждого подфрейма являются вектором, квантованным и сохраненным в векторе $gain_bws_index[]$.

В.9.4.2 Определения

Вход

PP_inputSignal]: Этот массив содержит преобработанный входной сигнал и имеет размерность *sfrm_size*

int_Qlpc_coefficients]: Этот массив содержит интерполированные и квантованные коэффициенты *LPC*

Wnum_coeff]: Этот массив содержит коэффициенты фильтра взвешивания числителя

Wden_coeff]: Этот массив содержит коэффициенты фильтра взвешивания знаменателя

Выход

shape_bws_delay]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws*. Он содержит задержку книги шифров для адаптивных и фиксированных книг шифров

shape_bws_positions]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws*. Он содержит позиции импульса

shape_bws_signs]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws*, содержит знаки импульса

gain_bws_index]: Этот массив имеет размерность *nrof_subframes_bws*. Он содержит квантованное усиление вектора для адаптивной книги шифров и мультиимпульсной

Конфигурация

n_lag_candidates: Это поле указывает число кандидатов задержки

frame_size: Это поле указывает число отсчетов в одном фрейме

sbfrm_size: Это поле указывает число отсчетов в одном подфрейме в инструменте расширения полосы пропускания

nrof_subframes_bws: Это поле указывает число подфреймов в инструменте расширения полосы пропускания

lpc_order: Это поле указывает порядок *LPC*

В.9.4.3 Процесс кодирования

Для инструмента расширения полосы пропускания сигнал возбуждения извлекается и кодируется на основе анализа через синтез с тремя шагами поиском адаптивной книги шифров для периодического компонента, поиском фиксированной книги шифров для непериодического компонента и квантованием усиления для каждого компонента. Целевой сигнал получают, вычитая реакцию фильтров синтеза и перцепционного взвешивания на нулевой входной сигнал из взвешенного входного речевого сигнала.

Квантование энергии фрейма

Используется то же самое среднеквадратичное (*rms*) значение, как для *CELP* с частотой дискретизации 8 кГц.

Оценка шага без обратной связи и решение о режиме

Оценка шага без обратной связи выполняется путем преобразования задержки шага с частотой дискретизации 8 кГц (см. процесс декодирования). Используется тот же самый режим, как у *CELP* частоты дискретизации 8 кГц.

Кодирование сигнала возбуждения

Сигнал возбуждения представлен линейной комбинацией адаптивного вектора кода и двух фиксированных векторов кода, масштабированных их соответствующими усилениями. Задержка шага выбирается в диапазоне около предполагаемой задержки шага без обратной связи. Один из двух фиксированных векторов кода получают путем расширения частоты дискретизации фиксированного вектора кода, используемой в кодере частоты дискретизации 8 кГц. Другой фиксированный вектор кода определяется процедурой поиска «анализ через синтез».

Поиск адаптивной книги шифров

Для каждого подфрейма оптимальная задержка определяется посредством анализа с обратной связью так, что среднеквадратичная ошибка между целевым сигналом $x(n)$ и взвешенным синтезированным сигналом $y_i(n)$ адаптивного вектора кода минимизируется.

$$E_i = \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_i y_i(n))^2, \quad t_{op} - 8 < t < t_{op} + 8,$$

где t_{op} — задержка без обратной связи, определенная в анализе шага без обратной связи. g_i является оптимальным усилением следующим образом:

$$g_i = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n) y_i(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} y_i^2(n)}.$$

Различие между оптимальной задержкой шага и задержкой шага без обратной связи кодируется 3 битами, основываясь на соотношении между *shape_bws_delay* и дифференциальной задержкой (см. процесс декодирования).

Поиск фиксированной книги шифров 1

Фиксированный вектор кода 1 получают увеличением частоты дискретизации фиксированного вектора кода, используемого в кодере с частотой дискретизации 8 кГц (см. 5.7.4.3.4).

Поиск фиксированной книги шифров 2

Фиксированный вектор книги шифров представлен позицией импульса и амплитудами импульса. Позиции и амплитуды импульса разыскиваются так, чтобы минимизировать среднеквадратичную ошибку между целевым сигналом и взвешенным синтезированным сигналом

$$E_k = \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_1 y_1(n) - g_k z_k(n))^2,$$

где g_k является оптимальным усилением следующим образом:

$$g_k = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - g_1 y_1(n)) z_k(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} z_k^2(n)},$$

где k указывает возможную комбинацию *shape_bws_positions* и *shape_bws_signs* (см. 4.2). Вектор фиксированной книги шифров создается из позиций импульса и амплитуд импульса (см. 4.2). Взвешенный сигнал $z_k(n)$ подсчитывается, пропуская вектор фиксированной книги шифров через фильтр синтеза LP 1/A (z), и перцепционный взвешивающий фильтр $W(z)$.

Квантование усиления

Усиления для адаптивного вектора кода и двух фиксированных векторов кода нормализуются остаточной энергией предсказания rs и квантуются. Остаточная энергия rs вычисляется на основании энергии фрейма и коэффициентов отражения. Энергия фрейма подсчитывается каждый подфрейм как среднеквадратичное (RMC) значение и квантуется в домене закона μ -law. Коэффициенты отражения $k(i)$ преобразуются из интерполированных LPCs *int_Qlpc_coefficients[]*. Следовательно, остаточная энергия предсказания (rs) подфрейма равна

$$rs = sbfrm_len \cdot q_amp^2 \cdot \prod_{i=1}^{N_p} (1 - k^2(i)).$$

где N_p является порядком анализа LP, q_amp — квантованная амплитуда RMC и *sbfrm_len* — длина подфрейма.

Усиления для адаптивного вектора кода и фиксированного вектора кода 2 являются векторно квантованными. Усиление для фиксированного вектора кода 1 является скалярно квантованным. Эти операции квантования достигаются минимизацией перцепционно взвешенного искажения (с обратной связью).

V.10 Мультиплексор потока бит CELP

V.10.1 Описание инструмента

Инструмент мультиплексор потока бит CELP мультиплексирует фрейм в поток бит.

V.10.2 Определения

Все элементы потока бит и переменные поддержки были определены в 5.3 и 5.4.

V.10.3 Процесс кодирования

Параметры кодируются в поток бит согласно синтаксису, описанному в разделе 3.

V.11 Инструмент сжатия тишины CELP

V.11.1 Модуль VAD

Модуль VAD принимает решение о том, является ли фрейм фреймом паузы в разговоре или фреймом разговора, основываясь на том, насколько изменяются характеристики входного сигнала. Характеристики представлены четырьмя параметрами: энергиями полной полосы и нижней полосы, LSPs и частотой перехода через нуль фрейма входного сигнала. Временное решение принимается через каждые 80 отсчетов, и конечное решение для фрейма принимается на основе временных решений с ограничением затягивания. Для широкополосного режима параметры характеристик вычисляются исходя из входной речи с пониженной дискретизацией от 16 кГц до 8 кГц.

V.11.1.1 Определения

Вход

PP_InputSignal[] Этот массив содержит предобработанный речевой сигнал. Размерность равна *frame_size*

Выход

VAD_flag: Это поле содержит флажок VAD (см. таблицу 103).

Элементы справки, используемые в модуле VAD:

lpc_order: порядок LP

sbfrm_size: число отсчетов в подфрейме

frame_size: число отсчетов во фрейме

n_subframe: число подфреймов во фрейме

V.11.1.2 Уменьшение дискретизации для широкополосного случая

Сигнал *s_vad[]*, используемый в модуле VAD, генерируется предварительной обработкой входного сигнала тем же способом, как это описано в В.4. Когда частота дискретизации составляет 16 кГц, частота дискретизации входного сигнала понижается до 8 кГц после предварительной обработки.

V.11.1.3 Вычисление параметров

LSPs входного сигнала, *lsp[]* вычисляются из коэффициентов LPCs *lpc_coefficients[]*, которые даются модулем взвешивания MPEG-4 CELP, описанным в В.8. Энергия полной полосы P , энергия нижней полосы P_l между 0 и 1 кГц и частота перехода через нуль Z вычисляются следующим образом:

$$P = 10 \log_{10} R[0]$$

$$P_i = 10 \log_{10} h^T R h$$

$$Z = \frac{1}{80} \sum_{i=0}^{80} \left| \text{sign}[s_vad[i]] - \text{sign}[s_vad[i-1]] \right|,$$

где h — вектор импульсной передаточной функции фильтра FIR с частотой среза 1 кГц, $R[0]$ — первый коэффициент автокорреляции и R — матрица автокорреляции *Toeplitz* (Теплица) с коэффициентами автокорреляции в каждой диагонали. Эти параметры подсчитываются каждые 10 мс. Их средние значения обновляются следующим образом:

$$\bar{P} = a\bar{P} + (1-a)P$$

$$\bar{P}_i = b\bar{P}_i + (1-b)P_i$$

$$\bar{Z} = A\bar{Z} + (1-A)Z$$

$$\bar{Lsp}[i] = d\bar{Lsp}[i] + (1-d)Lsp[i], \quad i = 1, \dots, lpc_order,$$

где $a = 0,995$, $b = 0,995$, $c = 0,998$ и $d = 0,75$. Каждые 80 отсчетов оцениваются следующие дифференциальные параметры, чтобы принять временное решение, характеризуется ли входной сигнал как разговорный или как пауза в разговоре:

$$\Delta P = \bar{P} - P$$

$$\Delta P_i = \bar{P}_i - P_i$$

$$\Delta Z = \bar{Z} - Z$$

$$\Delta Lsp = \sum_{i=1}^{lpc_order} \left[\bar{Lsp}[i] - Lsp[i] \right]^2, \quad i = 1, \dots, lpc_order$$

В.11.1.4 Временное решение о речевой активности

Если удовлетворяется любое из следующих неравенств, флажок временной голосовой активности, $vad_flag_sub[j]$ для

$$i = 0, \dots, \frac{frm_size[samples]}{80[samples]} \quad \text{устанавливается в 1.}$$

if (

$\Delta Lsp > 0,0009$ or
 $\Delta Lsp > 0,00175 * \Delta Z + 0,00085$ or
 $\Delta Lsp > -0,00455 * \Delta Z + 0,00116$ or
 $\Delta P < -0,47$ or
 $\Delta P < -2,5 * \Delta Z - 0,5$ or
 $\Delta P < 2,0 * \Delta Z - 0,6$ or
 $\Delta P < 2,5 * \Delta Z - 0,7$ or
 $\Delta P < -2,91 * \Delta Z - 0,482$ or
 $\Delta P < 880,0 * \Delta Lsp - 1,22$ or
 $\Delta P_i < 1400,0 * \Delta Lsp - 1,55$ or
 $\Delta P_i > 0,929 * \Delta P + 0,114$ or
 $\Delta P_i < -1,5 * \Delta P - 0,9$ or
 $\Delta P_i < 0,714 * \Delta P - 0,214$

)

{

$vad_flag_sub[j] = 1;$

} else {

$vad_flag_sub[j] = 0;$

}

В.11.1.5 Решение о речевой активности фрейма

Флажок голосовой активности фрейма vad_flag определяется на основании временного флажка $vad_flag_sub[j]$, что выполняется в соответствующем фрейме следующим образом:

$$vad_flag = vad_flag_sub[0] \cup vad_flag_sub[1] \cup \dots \cup vad_flag_sub[L-1],$$

где « \cup » замещает логическое ИЛИ.

В.11.1.6 Затягивание

Затягивание применяется к конечному решению VAD , VAD_flag , после переключения из речевого фрейма в фрейм с отсутствием речи:

$$VAD_flag = \begin{cases} 1, & \text{first 80 msec after the active-voice period (vad_flag = 1)} \\ vad_flag, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Когда период речевой активности ($vad_flag=1$) короче, чем 80 мс, VAD_flag всегда равен vad_flag .

В.11.2 Модуль DTX

Модуль DTX обнаруживает фреймы, в которых входные характеристики изменяются во время фреймов паузы в разговоре. В первом фрейме во время каждого периода паузы в разговоре и во фрейме, где обнаружено изменение, модуль DTX извлекает параметры; энергию фрейма и LSPs речевого входа и кодирует эти параметры. Есть три режима DTX; $DTX_flag = 0, 1$ и 2 в зависимости от того, какая информация передается. Когда обнаружено изменение в LSPs ($DTX_flag = 1$), закодированные параметры LSP и RMC а также TX_flag передаются как информация HR-SID. Когда обнаружено изменение среднеквадратичного значения RMS (энергия фрейма) ($DTX_flag = 2$), передаются только закодированный параметр RMS и TX_flag как информация LR-SID. Иначе передается только TX_flag .

В.11.2.1 Определения

Вход

$PP_InputSignal[]$ Этот массив содержит преобработанный речевой сигнал. Размерность равна $frame_size$

TX_flag Это поле содержит режим передачи (см. таблицу 103)

Выход

VAD_flag Это поле содержит флажок VAD (см. таблицу 103).

Элементы справки, используемые в модуле DTX:

lpc_order : порядок LP

$frame_size$: число отсчетов во фрейме

$n_subframe$: число подфреймов во фрейме

В.11.2.2 Анализ LP

Используются тот же самый анализ LP и преобразование LPC-to-LSP, как описанные в подпункте В.5. Это дает неквантованные LSPs $lsp[]$.

В.11.2.3 Усреднение LSP

Среднее LSP $lsp_av[]$ вычисляется из неквантованных LSPs $lsp[]$ следующим образом:

$$lsp_av[i] = (1/L) \sum_{j=0}^{L-1} lsp[j][i], \quad i = 0, \dots, lpc_order - 1,$$

где $lsp[j][i]$ являются неквантованными LSPs в j -th новом фрейме, которые вычислены из неквантованных LPCs $lpc_coefficients[]$, описанных в В.6. L — число фреймов за 80 мс.

В.11.2.4 Вычисление RMS

RMS входного сигнала вычисляется способом, идентичным описанному в В.9. Это вычисление дает неквантованное RMS $xnorm[]$ в каждом подфрейме.

В.11.2.5 Усреднение RMS

Среднее RMS входного сигнала $xnorm_av[]$ вычисляется из неквантованного RMC $xnorm[]$ следующим образом:

$$xnorm_av = (1/M) \sum_{j=0}^{M-1} xnorm[j],$$

где M является числом подфреймов за 80 мс. Кроме того $xnorm_av_end$ является $xnorm_av[n_subframe-1]$, где $n_subframe$ — это число подфреймов во фрейме.

В.11.2.6 Обнаружение изменения характеристик

Любое изменение в характеристиках обнаруживается на основе изменения энергии фрейма и спектра, вычисленного исходя из входного сигнала следующим образом:

$DTX_flag = 0$

$$\text{if } (20 \log_{10} xnorm_sid - 29 \log_{10} xnorm_end) > D_{xnorm} \text{ dB) } DTX_flag = 2$$

$$\text{if } \left(\sum_{i=1}^{lpc_order} [lsp_sid[i] - lsp_av[i]]^2 > D_{lsp} \right) DTX_flag = 1,$$

где LSPs нормализованы к диапазону от 0 до 1. Порог D_{xnorm} переключается согласно $xnorm_sid$, как показано в таблице В.14. Порог D_{lsp} изменяется согласно частоте дискретизации: 0,002 для 8 кГц и 0,0015 для 16 кГц. lsp_av_sid и $xnorm_sid$ являются lsp_av и $xnorm_av_end$ последнего фрейма SID соответственно. Есть минимальный период, где обнаружение не производится. Длина этого периода обычно 20 мс, но во время первых 40 мс периода паузы в разговоре — это 0 мс.

Таблица В.14 — Соотношения между D_{xnorm} и $xnorm_sid$

$20\log_{10} xnorm_sid$, дБ	D_{xnorm} , дБ
< 1,0:	6,0
1,0 ~ 5,0	4,0
5,0 ~ 9,0	3,0
9,0 ~ 12,0	2,5
12,0 <	2,0

В.11.2.7 Кодирование параметров

Среднее значение $LSP\{sp_av\}$ кодируется, используя тот же процесс, который описан в В.6 с исключениями, описанными в 5.9.3. Кодирование среднего $RMS\{xnorm_av\}$ идентично кодированию, описанному в В.9, за исключением того что параметры μ -law независимы от режима сигнала и установлены как $mts_max = 7932$ и $mu_law = 1024$.

В.11.2.8 Локальный декодер CNG

Локальное декодирование CNG выполняется для того, чтобы обновить буфера для фильтра синтеза LP. Обработка идентична процессу декодирования в декодере.

Библиография

- [1] ИСО/МЭК 14496–3:2009¹⁾ Информационные технологии. Кодирование аудиовизуальных объектов. Часть 3. Аудио
ISO/IEC 14496–3:2009 (*Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 3: Audio*)

¹⁾ Заменен на ISO/IEC 14496-3:2019.

УДК 621.396:006.354

ОКС 33.170

Ключевые слова: звуковое вещание, электрические параметры, каналы и тракты, технологии MPEG-кодирования, синтетический звук, масштабирование, защита от ошибок, поток битов расширения, психоакустическая модель

Редактор переиздания *Д.А. Кожемяк*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 31.08.2020. Подписано в печать 20.10.2020. Формат 60×84^{1/8}. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 10,00.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта