

УДК 621.396.712

**ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ  
В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ**

ВЫХОДЕЦ А.А.

ГП УНИИРТ, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

**PARTICULAR TRANSMISSION OF STEREOPHONIC SIGNALS  
IN DIGITAL BROADCASTING SYSTEM**

VYCHOTETS A.A.

SE UNIIRT, Odessa National Academy of Telecommunications n.a. A.S. Popov

***Аннотация.** В статье рассматриваются параметры аналоговых стереофонических сигналов и возможность их передачи в системах цифрового стереофонического радиовещания.*

***Abstract.** In the article parameters of analog stereophonic signals and opportunity of transmission them in stereophonic digital broadcasting system are considered.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Предположим, что слушатель находится в концертном зале с хорошей акустикой и слушает звучание оркестра. На эстраде расположены исполнители. Звуковые волны приходят к ушам слушателя от каждого из музыкальных инструментов разными путями. Первой приходит прямая звуковая волна, распространяющаяся по кратчайшему пути. Вслед за ней поступают множество волн, отраженных от поверхностей помещения.

Перечисленный комплекс ощущений, возникающий при бинауральном слушании в концертном зале, является результатом воздействия на слушателя всего двух сигналов. Эти сигналы, поступающие к ушам слушателя, представляют собой совокупность большого числа пар сигналов, сформированных при звучании музыкальных инструментов или голосов исполнителей [1].

Наличие этих двух сигналов позволило разработать систему двухканальной стереофонии и стереофонического радиовещания [1, 2]. Слушатель во вторичном помещении при помощи двух громкоговорителей, на входы которых подаются электрические стереосигналы, соответствующие звуковым сигналам в первичном помещении, может с достаточно большим приближением получить впечатление о звуковом образе.

**СОСТАВЛЯЮЩИЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

Исследования показывают, что в состав стереофонического эффекта входят следующие основные ощущения (компоненты) [1, 2]:

- а) пространственное впечатление, когда кажущиеся источники звука (КИЗ) оказываются разнесенными как по фронту на линии, соединяющей громкоговорители;
- б) высокая степень прозрачности звучания, благодаря чему легко осуществляется выделение и раздельное восприятие инструментов или их групп на фоне ансамбля;
- в) правильная передача тембров;
- г) восприятие акустической обстановки помещения.

Перечислим основные особенности сигналов стереопары [1, 3]:

- а) наличие статистической связи для пар сигналов;
- б) наличие отличающихся как по величине, так и по знаку разностей по времени поступления  $t$  и по уровню  $L$ ;
- в) соотношение уровней сигналов отдельных составляющих звучания;
- г) различие временных структур реверберационных продолжений.

## ПЕРЕДАЧА СТЕРЕОСИГНАЛОВ В АНАЛОГОВОМ РАДИОВЕЩАНИИ

В аналоговом стереофоническом радиовещании два стереосигнала-суммарный и разностный передаются в одном радиоканале. Используется система стереофонического радиовещания с частотной модуляцией. Качество восприятия звукового образа в большей части соответствует первичному за исключением акустической атмосферы. Передать эту особенность слушания позволяют системы стереофонии с окружением, когда наряду с фронтальными громкоговорителями слушателя окружают тыловые [4,5].

## ПЕРЕДАЧА СТЕРЕОСИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ВЕЩАНИЯ

При цифровой записи сигналов стереофонии наиболее высокому качеству соответствует запись сигналов стереопары на CD при скорости 1,5 Мбит/с. При использовании кодеков стандарта MPEG-2 хорошему качеству стереофонического цифрового радиовещания соответствует скорость 192 кбит/с на один монофонический канал или 384 кбит/с при передаче сигналов стереопары. При реализации стереофонической системы, в которой звук окружает слушателя (система с окружением), понадобится скорость примерно в 5 раз больше [4, 6].

В системах цифрового радиовещания DRM или DAB последнее не реализуемо.

При реализации цифрового радиовещания в системе DAB+ для передачи цифровых программ требуется в три раза меньшая цифровая скорость. В этом случае для передачи стереофонических сигналов системы с окружением потребуется доступное значение цифровой скорости.

В случае использования низких скоростей цифрового потока для передачи сигналов звука используются два кодера AAC+SBR, которые обозначаются как AACplus v1 [7].

При передаче стереофонических сигналов находит применение режим работы кодера AACplus v1? названный Joint Stereo (объединённое стерео)[2, 7].

Процедура объединения сигналов стереопары в стандарте MPEG (кодер AAC) заключается в следующем. Частоты ниже 150...250 Гц практически не локализируются слушателем, т. е. не образуют кажущегося источника звука (КИЗ). Практически не влияют на формирование КИЗ частоты 8000...15000 Гц. Все остальные части спектра образуют четкие КИЗ, вызывающие ощущения пространственной перспективы. Это соображение лежит в основе процедуры объединения сигналов стереопары. Начиная с определенной частоты вместо левого и правого сигналов передают их сумму, то есть монофонический сигнал. Эта частота зависит от характера распределения энергии по частоте и может меняться от одного аудиофрейма к другому.

В процессе объединения сигналов могут появиться заметные на слух искажения как пространственной структуры звукового образа, так и искажения тембра в звучании отдельных музыкальных инструментов и голосов. Для частичной коррекции пространственных искажений в отдельном канале передают соотношения уровней левого и правого сигналов стереопары. В области частот выше 8000 Гц передают только объединенную часть стереосигналов.

В декодере выделяют монофонический сигнал и с помощью соотношений уровней формируют пару стереосигналов. Поскольку при формировании стереосигналов используется только один параметр стереоэффекта, качество стереофонического звучания относительно не высоко.

В табл. 1 показаны примеры соотношений между диапазонами частот сигналов, обрабатываемых в кодере AAC и в кодере SBR в режиме Joint Stereo, а также значения цифрового потока при использовании частоты дискретизации кодера AAC 24 кГц и кодера SBR 48 кГц. Скорость цифрового потока на выходе SBR находится в пределах 1...3 кГц [7]. Более высокое качество стереофонии обеспечивает система Parametric Stereo.

В алгоритме кодирования MPEG *Parametric Stereo* выделяются три основных пространственных параметра: разность уровней, временной сдвиг и межканальная корреляция или величина взаимной корреляции межканальных сигналов стереопары, которые являются носителями информации о местоположении звукового образа в пространстве. Эти пространственные параметры позволяют более полно передать стереоэффект. Наряду с кодерами стандарта MPEG-4 AAC и SBR (для кодирования пространственных параметров применяется параметрический кодер PS.

Таблица 1 – Пример кодирования звукового сигнала

Цифровая скорость стерео сигнала, бит/с	Частотный диапазон звукового сигнала при обработке в кодере AAC, Гц	Частотный диапазон звукового сигнала при обработке в кодере SBR, Гц
20000	0–4500	4500–15400
32000	0–6800	6800–16900
48000	0–8300	8300–16900

Эта система также применяется при пониженных значениях цифрового потока

Основную часть кодера системы AACplus V2 составляют кодеры AAC и SBR (AACplus V1), для кодирования пространственных параметров применяется параметрический кодер PS.

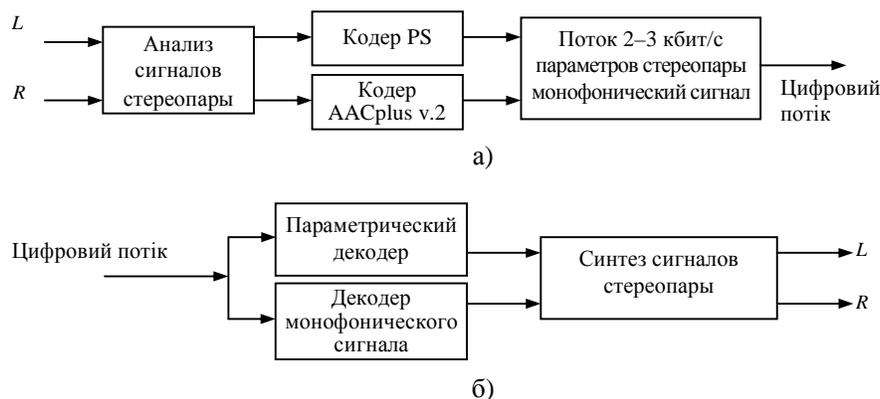


Рисунок 1 – Структурная схема кодера, реализующего алгоритм Parametric Stereo:

а) кодер; б) декодер

Упрощенные структуры кодирования и декодирования левого L и правого R стереофонических сигналов показаны на рис. 2 а, б. В кодере (рис. 2а) выполняется анализ сигналов стереопары L и R, а также объединение этих сигналов в один монофонический сигнал. Выделенные в результате анализа три упомянутых выше пространственных параметра квантуются и кодируются в параметрическом кодере PS. Монофонический сигнал кодируется с использованием кодера AACplus V1. После этого оба цифровых потока объединяются, а затем подаются по каналу связи к декодеру. Цифровой поток на выходе кодера PS составляет 2...3 кбит/с

В декодере пространственные параметры выделяются из входного цифрового потока и декодируются. Отдельно декодируется и монофонический сигнал. С помощью пространственных параметров из декодированного монофонического сигнала восстанавливаются исходные левый и правый сигналы стереопары [7].

Алгоритм Parametric Stereo позволяет получить относительно хорошее качество стереоэффекта при низких значениях скорости цифрового потока. Однако он не позволяет обеспечить передачу всех особенностей стереообраза. Наиболее высокое качество стереозвукоспроизведения можно достичь при раздельном кодировании сигналов стереопары.

## ВЫВОДЫ

Бинауральное слушание натуральных (живых) звучаний, обеспечивающих пространственное, включает целый ряд параметров стереофонического эффекта. В аналоговом стереофоническом радиовещании с частотной модуляцией и при цифровой записи стереофонических программ на CD удается передать стереообраз, практически, в полном объеме. В системах цифрового радиовещания при независимом кодировании сигналов левого и правого каналов стереопары можно обеспечить высокое качество стереофонического вещания. Для этого цифровая скорость, приходящаяся на один монофонический канал при кодировании в системе MPEG 2, должна быть не менее 184 кбит/с.

Алгоритмы кодирования стереофонических сигналов Joint Stereo и Parametric Stereo применяются при использовании низкоскоростных потоков битов. Качество звуковоспроизведения уступает качеству вещания при независимом кодировании сигналов стереопары.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалгин Ю.А. Стерефония / Ковалгин Ю.А. – М.: Радио и Связь – 1989. – 272 с.
2. Электроакустика и звуковое вещание. Учебное пособие для вузов / [И.А. Алдошина, Э.И. Вологдин, А.П. Ефимов, Г.П. Катунин, Ю.А. Ковалгин и др.]; под ред. проф. Ю.А. Ковалгина. – М.: Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. – 872 с.
3. Стерефония: [Информационный сборник ] под ред. И.Е. Горона. – М.: Связь, 1964. – 100 с.
4. Аналоговое и цифровое радиовещание / [А.В. Выходец, С.А. Ганжа, А.С. Кузнецова, А.А. Выходец]; под ред. проф. А.В. Выходца. – Одесса: СПД, – 2012. – 369 с.
5. Акустика. Справочник / [А.П. Ефимов, А.В. Никонов, М.С. Сапожков В.П. Шор]; под ред. М.А. Сапожкова.– [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.
6. ETSI EN 201 980 V3.1.1 (2009) Digital Radio Mondiale (DRM) System Specification.
7. Stefan Meltzer and Gerald Moser HE-AAC v2– audio coding for today’s digital media world EBU Technical review – January 2008.