

## Эффект реверберации: теория и практика

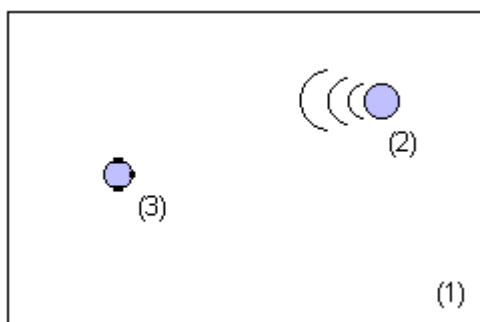
### Использование эффекта реверберации в профессиональных приложениях

В этой статье, предназначенной, в основном, для начинающих музыкантов, мы рассмотрим все аспекты самого популярного эффекта в процессе создания музыки.

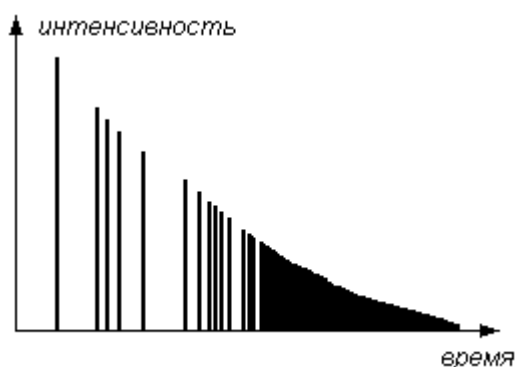
Начиная с азов теории реверберации, перейдем к краткой истории её использования до цифровой эры, рассмотрим, какие бывают ревербераторы, далее перейдем к исследованию типов и регулируемых параметров реверберации и, наконец, закончим на практических советах по её применению.

#### Сущность эффекта реверберации

Реверберация сопровождает любой звук, возникший в естественной акустической среде. Возникает она при отражении звуковой волны от каких-либо препятствий и ее возврата в точку прослушивания. Поэтому, в восприятии акустического звука присутствует его прямой источник и многочисленные отражения от ближайших поверхностей — преград. Графически это можно представить следующим образом: пусть в некоем помещении (1) имеется источник сигнала (2) и слушатель (3).



При подаче короткого звукового импульса в точке прослушивания будет наблюдаться приблизительно следующая картина:



Первым приходит прямой сигнал от источника звука, имеющий наибольшую интенсивность. Вслед за ним приходят **ранние** или **первичные** отражения от стен, пола, потолка, имеющие меньшую интенсивность, величина которой зависит и от пройденного расстояния и от поглощающих свойств материалов поверхностей. Далее подходят вторичные и многочисленные последующие отражения с быстро уменьшающейся интенсивностью. В реальной ситуации звуковые импульсы обычно имеют протяженность большую, чем время прихода первых отражений, поэтому реверберация накладывается на исходный звук в процессе его звучания.

Часто к ранним отражениям причисляют вторичные приходящие отзвуки, отстающие от исходного прямого сигнала не более чем на 60 мс.

Эффект реверберации проявляется в более сочном гулком объемном звучании, обычно более приятном для восприятия, чем исходный «сухой» звук.

В аудиозаписи реверберация придает чувство глубины пространства. Источник звуков с более выраженным эффектом реверберации субъективно ощущается расположенным в отдалении от слушателя.

Реверберация воспринимается слитно, если промежутки между отраженными сигналами менее 100 мс. При увеличении интервала между приходящими звуками свыше 100 мс субъективное восприятие человека отмечает уже раздельное эхо.

Чем больше размеры помещения и меньше поглощающая способность поверхностей, тем больше длительность реверберации. Под **временем реверберации** понимают длительность затухания сигнала на 60 дБ от первоначального значения.

По времени реверберации и ее глубине в естественной звуковой среде можно оценить размеры помещения и его акустические свойства. Звук голоса на сцене концертного зала, в пустой комнате, в комнате с множеством мягких вещей заметно отличается по воспринимаемому тембру.

В процессе естественной реверберации меняется частотный спектр звука. Высокие частоты затухают быстрее, чем низкие, поэтому тембр отраженного звука в сравнении с оригиналом имеет более мягкий, приглушенный характер. Величина потери высокочастотных составляющих спектра зависит от расстояния, пройденного акустической волной, и от свойств материалов отражающих поверхностей.

### **История искусственной реверберации**

Наиболее естественный и качественный способ передать в записи реверберацию — осуществить запись в хорошем концертном зале. Очевидно, что этот способ доступен далеко не всем и не во всех случаях, поэтому потребность в имитации реверберации родила еще до цифровой электронной эпохи несколько полуакустических, полумеханических приемов ее получения.

Первой для имитации реверберации появилась эхо-камера (chamber). Это небольшое помещение, в котором находилась звуковоспроизводящая система и микрофон для записи звука. Для усиления эффекта стены помещения были покрыты рядами звукоотражающих тарелок или другими похожими материалами. Меняя положение громкоговорителя и микрофона можно было получить небольшие вариации в записанном звуке.

Относительно популярный метод имитации реверберации был реализован на больших подвешенных с напряжением металлических пластинах (plate) с прикрепленными к ним электромагнитными преобразователями. С помощью демпфирования пластины можно было управлять временем ее колебаний. Вибрации пластины имитировали настоящую реверберацию весьма условно, но тем не менее симуляция такого способа нашла воплощение во всех современных цифровых ревербераторах.

Более низкокачественной вариацией этого способа была пружинная (spring) реверберация, использовавшаяся раньше в гитарных усилителях. На одном конце пружины стоял электромагнитный преобразователь, приводивший пружину в колебания, а на другом звукосниматель, воспринимавший все ее полезные и паразитные колебания.

### **Цифровые ревербераторы**

Все современные цифровые устройства получения реверберации можно условно разделить на несколько типов в зависимости от технологии, качества и области применения.

Самую простую и непритязательную группу составляют устройства реверберации, применяемые в мультимедийных звуковых картах типа Diamond Monster MX300 на чипе Vortex2 или простеньких

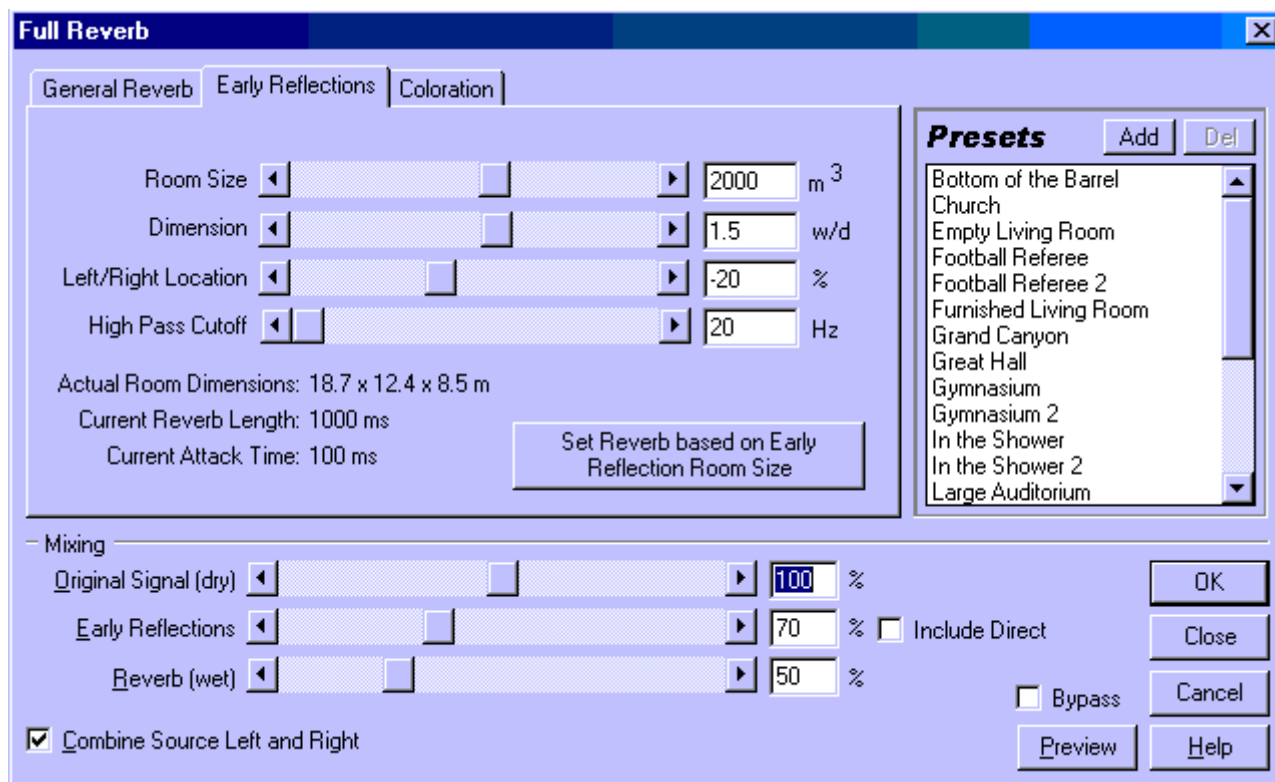
электронных «самоиграйках» от Casio и Yamaha. Обычно, в данном случае, можно управлять лишь глубиной эффекта, другие управляемые параметры отсутствуют.

Профессиональные и полупрофессиональные звуковые карты, музыкальные инструменты и звуковые модули, как правило, имеют на борту неплохие процессоры эффектов, в которых можно выбирать тип реверберации и управлять ее параметрами. Кроме общих системных эффектов (реверберации, хоруса), имеется по крайней мере ещё один назначаемый блок эффектов, для которого среди прочих эффектов всегда найдется парочка-троечка дополнительных типов реверберации.

Считается, что наибольшим качеством и гибкостью обладают отдельные модульные процессоры эффектов. Среди них есть хорошие универсальные, для которых реверберация — один из множества доступных эффектов (Boss VF-1, Zoom RFX1000), и специализированные студийные ревербераторы (Sony DRE-S77, Yamaha REV500).

В последнее время широкое распространение получили чисто программные имитаторы эффектов. Реверберацией реального времени обладают программные сэмплеры и синтезаторы. В отличие от аппаратных аналогов, которые работают в любых условиях, при использовании софтовых эффектов стоит помнить об ограниченных ресурсах (мощности) компьютера.

Чрезвычайной гибкостью и хорошим качеством отличаются имитаторы, работающие не в режиме реального времени. Например, в популярном аудиоредакторе Cool Edit Pro можно обнаружить ревербератор, моделирующий всевозможные помещения с кучей сопутствующих настроек:



## Типы реверберации

В любом современном цифровом ревербераторе можно выбрать несколько программ, имитирующих различные реальные условия прослушивания или синтезирующих некие фантастические ситуации для специальных эффектов. Ниже кратко описаны наиболее популярные примеры.

**Hall** (зал) — имитирует акустику концертного зала. Глубокая реверберация с большим временем затухания. Субъективно как бы отдаляет источник звука от слушателя.

**Room** (комната) — реверберация небольшого помещения. Подходит для применения к акустическим инструментам в камерной атмосфере.

**Live (Stage)** — имитирование живого выступления на сцене, считается, что данный тип реверберации хорошо подходит для солирующих инструментов.

**Plate** (пластина) — симуляция плоской электромеханической реверберации металлической пластины, описанной выше. Применяют для вокала и ударных инструментов.

**Spring** (пружина) — lo-fi реверберация, имитирует упомянутую выше пружинную электромеханическую конструкцию.

**Chamber** (эхо-камера) — имитация описанного ранее помещения для записи реверберации.

**Gate** (гейт, шлюз) — реверберация с отрезанием конечной фазы затухания. Придает звуку некий динамичный характер и используется для ударных инструментов и, в частности, для барабанов.

**Reverse** (реверс) — тип искусственной реверберации с инвертированной огибающей, т.е. она сперва плавно нарастает, затем резко обрывается. Подобный эффект может быть получен путем инвертирования звука в редакторе, применения к нему обычной реверберации и обратному инвертированию. В этом случае реверберация начинается еще до старта основного звука. Специфичный эффект, иногда используется для вокала.

Иногда можно встретить и другие, экзотические типы реверберации. Например, в XG устройствах от Ямахи можно найти **White Room**, **Tunnel**, **Canyon**, **Basement** — реверберация при искусственных условиях, а в серии Sound Canvas от Роланда — **Panning Delay** — некая отдельная стереофоничная реверберация.

## Параметры реверберации

В этом разделе в алфавитном порядке мы рассмотрим регулируемые параметры, встречающиеся в современных цифровых ревербераторах.

**Balance (Dry/Wet)** — регулирует соотношение прямого звука и звука, обработанного эффектом.

**Density** — плотность ранних (первичных) отражений, характеризует геометрию имитируемого помещения.

**Diffusion** — характеризует расплывчатость реверберации, при низких значениях ощущается её дискретность или подобие эха.

**Early Reflection Level** — уровень ранних отражений, соотносится с отражающими свойствами материалов помещения.

**Er/Rev Balance** — соотношение уровней ранних отражений и остатка реверберации.

**Feedback Level** — уровень обратной связи.

**High Cut** — параметры фильтра НЧ (эквалайзера). Делает тембр реверберации более мягким.

**High Damp (LPF)** — параметры демпфирования высокочастотных составляющих спектра реверберации (иногда отдельно регулируется уровень и частота). Основано на естественном эффекте более быстрого затухания высокочастотного спектра звука в процессе акустической реверберации. В некоторой степени имитирует свойства материалов отражающих поверхностей помещения.

**Low Cut** — параметры фильтра ВЧ (эквалайзера).

**Low Damp (HPF)** — параметры демпфирования низкочастотных составляющих реверберации (иногда отдельно регулируется уровень и частота).

**Pre Delay (Initial Delay)** — временной интервал между прямым звуком и ранними (первичными) отражениями (фактически имитирует размеры помещения с учетом месторасположения слушателя).

**Release Density** — плотность отражений конечной фазы реверберации.

**Reverb Delay** — промежуток между ранними отражениями и остатком реверберации.

**Reverb Send Level (Depth, Volume)** — уровень реверберации. Основной параметр, управляющий глубиной эффекта.

**Reverb Time** — длительность реверберации (время затухания звука приблизительно на 60 дБ).

**Size (Room Size, Hall Size, Height, Width, Depth)** — размеры (объем) имитируемого помещения.

**Wall Vary** — характеризует геометрию (неровности) отражающих поверхностей. Большие значения придают реверберации более рассеянный характер.

### Управление реверберацией по MIDI

В стандарте General MIDI (GM) прописан только один параметр для управления глубиной (уровнем) реверберации — контрольное сообщение под номером 91 (5BH).

В GS и XG возможности управления значительно расширены. Во-первых, по NRPN можно влиять на уровень реверберации отдельно для разных ударных инструментов. Например, вот так можно уменьшить реверберацию для большого барабана (Kick) стандартного GM Drum набора:

№ CC	Значение	Комментарий
63H	1DH	Установить старший MSB
62H	24H	Установить младший MSB
06H	10H	Ввести новое значение уровня реверберации

Указанные значения можно ввести вручную в окне редактирования MIDI событий любого секвенсора (окно Events в Cakewalk, Sonar).

Во-вторых, для GS, XG, GM2 можно оперативно сменить тип реверберации. Реализуется это посылком специального SysEx сообщения. Например, вот такое сообщение устанавливает тип реверберации Room3 для синтезатора серии Roland Sound Canvas (SC-8820):

```
F0 41 10 42 12 40 01 30 02 0D F7
```

Здесь:

F0 41 10 42 12 — заголовок SysEx сообщения;  
40 01 30 — три байта определяют характер MIDI-сообщения — смена типа реверберации;  
02 — тип реверберации Room3;  
0D — контрольная сумма;  
F7 — конец SysEx сообщения.

Для синтезатора XG это будет выглядеть так:

```
F0 43 10 4C 02 01 00 02 02 F7
```

Здесь:

F0 43 10 4C — заголовок SysEx сообщения;  
 02 01 00 — три байта задают адрес смены типа реверберации;  
 02 02 — два байта определяют тип реверберации Room3;  
 F7 — конец SysEx сообщения.

В-третьих, имеется возможность менять множество параметров реверберации. В таблице ниже представлены управляемые параметры для GS и XG совместимых синтезаторов:

Параметр	GS (SC-8820)	XG (SW1000XG)
Level	Есть	Есть
Time	Есть	Есть
Diffusion	Нет	Есть
Pre-Delay Time (Initial Delay)	Есть	Есть
LPF	Есть	Есть
HPF	Нет	Есть
Reverb Delay	Нет	Есть
Density	Нет	Есть
Er/Rev Balance	Нет	Есть
Feedback Level	Нет	Есть
Wall Vary	Нет	Есть

Реализуются они также посылком SysEx сообщений. Например, для XG устройства следующее сообщение устанавливает максимальное время реверберации:

F0 43 10 4C 02 01 02 7F F7

В данном случае три байта 02 01 02 определяют смену параметра реверберации — Reverb Time, а предпоследний байт 7F — задает максимальную длительность.

Разумеется, для управления указанными параметрами удобнее использовать специализированные редакторы (XG Edit, GS Advanced Editor и т.п.), благодаря которым можно абстрагироваться от программирования в шестнадцатеричных кодах.

### Способы практического использования

Как говорится, правила существуют для того, чтобы их нарушать. Для изложенных ниже советов всегда можно придумать исключения. Так что эксперимент и фантазию можно только приветствовать.

Обычно для достижения чувства общности пространства единый тип реверберации типа Hall (Room, Live) применяют для всего микса в целом, при этом, для отдельных инструментов или группы инструментов в целях получения особых эффектов можно использовать дополнительную обработку процессором реверберации.

Данный эффект можно использовать для моделирования глубины сцены. Инструменты, имеющие более глубокую реверберацию, ощущаются расположенными как бы в отдалении. Справедливо и обратное, инструмент или голос без реверберации кажется находящимся вблизи.

Множество оттенков звука можно получить, используя эффекты в стерео режиме. Например, исходный звук разместить по центру, короткую реверберацию с малым временем первичных отражений по левому каналу, а с большим временем по правому.

Для вокальной партии интересный эффект дает применение реверсивной (reverse) реверберации. Также, оживляет голос одновременное применение двойной реверберации — с коротким и длинным временем затухания.

Глубокая реверберация с большим временем затухания хорошо подходит для синтезаторных подкладов.

Для получения более жесткого динамичного ощущения ритма в миксе для ударных инструментов (барабанов) можно использовать Gate-реверберацию.

Большие барабаны и басы хорошо звучат с небольшим количеством реверберации или вообще без нее.

И главное: никогда не стоит перебарщивать с глубиной реверберации — очень легко можно превратить микс в неразборчивую кашу с налезаящими друг на друга звуками. Чем быстрее темп композиции — тем меньше она должна быть.

*Сергей Котов ([kovov@rosagrosnab.ru](mailto:kotov@rosagrosnab.ru))*

*Опубликовано — 16 июля 2002 года*