

Плагины Waves. Часть 6.

Waves IR-1 — сбылось пророчество великого утописта?

Роман Петелин, Юрий Петелин

"Есть у нас дома звука для опытов со всевозможными звуками и получения их. Слабый звук мы умеем делать сильным и густым, а густой - ослабленным или пронзительным; можем заставить дрожать и тремолировать звук, который зарождается цельным. Есть также различные диговинные искусственные эхо, которые повторяют звук многократно и как бы отбрасывают его, или же повторяют его громче, чем он был издан, выше или ниже тоном; а то еще заменяющие один звук другим".

Возможно, вы подумали, что в качестве эпиграфа к статье приведен несколько "корявый" перевод текста, рекламирующего деятельность некой современной лаборатории акустических исследований: усиление, динамическая обработка звука, реализация вибрато и реверберации. В таком случае закономерен вопрос: и что же в этом необычного? Да, в общем-то, ничего удивительного здесь и нет за исключением единственного обстоятельства: процитированные фразы написаны в 1623 году.

Чтобы вы лучше представили себе ту эпоху, напомним: в России конец смутного времени. Правит Михаил Федорович - первый царь из династии Романовых. Совсем недавно (в 1612 году) произошло освобождение Москвы от поляков, принесшее известность Кузьме Минину и Дмитрию Пожарскому.

А в это время английский философ и государственный деятель Фрэнсис Бэкон пишет свое утопическое произведение "Новая Атлантида". Сюжет выглядит незатейливым: некие мореходы, заблудившись в океане, и уже почти отчаявшись найти спасение, неожиданно обнаруживают неизвестную землю. Но если запастись терпением и героически прочитать несколько первых страниц, то дальше от книги (увы, оставшейся незавершенной) становится невозможно оторваться. Путешественники попадают в страну, где все устроено на удивление разумно, потому что ею фактически руководит группа ученых. Мудрецы организовали исследование тайн природы, они же решают, какие открытия следует обнародовать, а какие есть смысл утаить от государства, дабы не навредить людям. Согласие, процветание, культ общечеловеческих ценностей...

Интересное объяснение придумывает автор утопии тому факту, что остальной подлунный мир, в котором царят болезни, раздоры и войны, ничего не знает о чудо-острове. Конечно, корабли иногда случайно заходят в эти края. Но не подумайте, что незваных гостей, ненароком прикоснувшихся к тайне, убивают. Нет. Им предлагают выбор: либо подлечиться, откормиться, отремонтироваться, отдохнуть да отчалить с миром, либо остаться на острове и жить в райских условиях на полном государственном обеспечении. Вот такой "железный занавес". Не удивительно, что на родину возвращаются единицы. А их рассказам соотечественники просто не верят. И правильно делают. Ну, не бывает таких островов!

Существует мнение, что фактически философ устами нескольких жителей виртуального острова описывает модель желаемого государственного устройства Новой Англии. Мы-то теперь знаем, что американские реалии не особенно соответствуют столь идеальному проекту.

Показательно, что предвидения Фрэнсиса Бэкона, относящиеся к сферам управления,

права, морали, не сбылись. Например, такое: "...нет ни публичных домов, ни блудниц, и ничего на это похожего". А вот предсказания в области научно-технического прогресса удивительно точны:

- "мы умеем также усиливать свет, который передаем на большие расстояния и можем делать столь ярким, что при нем различимы мельчайшие точки и линии" - лазер;
- "с помощью науки делаем мы некоторые виды животных крупнее, чем положено их породе, или, напротив, превращаем в карликов, задерживая их рост; делаем их плодовитее, чем свойственно им от природы, или, напротив, бесплодными" - генная инженерия;
- "мясо подвергается у нас обработке, измельчению и разжижению - без всякого, однако, ущерба для его свежести" - консервы;
- "есть у нас воды, которым мы умеем придавать питательные свойства и превращать в отличные напитки, так что многие предпочитают их всем прочим" - уж не это ли сейчас "выбирает новое поколение"?

А вот и еще одно высказывание, на этот раз имеющее непосредственное отношение к тематике рубрики: "Нам известны... и различные музыкальные инструменты, также вам не известные и зачастую звучащие более приятно, чем любой из ваших; мы воспроизводим все звуки речи и голоса всех птиц и зверей". Речь явно идет о музыкальных синтезаторах.

В общем, то ли Фрэнсис Бэкон обладал поразительным даром предвидения, то ли он был знаком с некими опытами, которые проводились уже его современниками (неизвестными нам), то ли он сумел совершить путешествие во времени и решился поделиться своими "воспоминаниями о будущем". Любое, самое фантастическое предположение, относящееся к этому необычному человеку, вполне может оказаться правдой. Например, существуют полученные авторитетными специалистами косвенные подтверждения весьма смелой гипотезы: автором бессмертных творений Шекспира на самом деле является Бэкон. Эх, узнать бы истину! Но это предмет отдельного многотрудного исследования. Мы же ставим перед собой несравнимо более простую задачу: провести линию от "диковинных искусственных эхо", предсказанных Фрэнсисом Бэконом на грани средневековья и эпохи Возрождения (см. эпиграф), до компьютерного воплощения пророчества великого утописта - виртуальных ревербераторов.

Реверберация - что это?

Реверберация как физическое явление - это постепенное затухание звука в помещении, вызванное многократными отражениями звуковых волн от неоднородностей (стен, потолка, пола, различных предметов, находящихся в помещении). В то же время реверберация (Reverb) - один из наиболее интересных и популярных звуковых эффектов. Сущность эффекта реверберации состоит в том, что исходный звуковой сигнал смешивается со своими копиями, задержанными относительно него на различные временные интервалы. Теоретически число копий может быть бесконечным. Эффект зависит от того, каковы временные промежутки между копиями сигналов и какова скорость уменьшения уровней их громкости. Если промежутки между копиями малы, то получается собственно эффект реверберации. Возникает ощущение объемного гулкового помещения. Звуки музыкальных инструментов становятся сочными, объемными и с богатым тембровым составом. Голоса певцов приобретают напевность, а недостатки, присущие им, скрадываются.

Если промежутки между копиями велики (более 100 мс), то правильнее говорить не об эффекте реверберации, а об эффекте "эхо". Интервалы между соответствующими звуками при этом становятся различимыми. Звуки перестают сливаться, кажутся отражениями от удаленных преград.

Реальный реверберирующий сигнал имеет довольно сложную структуру, которая должна быть смоделирована при реализации искусственного эффекта.

Первым ушей слушателя достигает прямой звук (direct signal). Этот сигнал приходит к слушателю по кратчайшему пути. Поэтому интенсивность его больше, чем интенсивности других сигналов. Прямой сигнал несет информацию только о расположении источника звука справа или слева от слушателя.

Несколько отстав от прямого сигнала, приходят ранние (первичные) отражения (early reflections). Эта составляющая звукового поля претерпевает одно-два отражения от ограждающих поверхностей (стен, пола, потолка). Звуковая волна не только отражается от них, но и отдает им часть своей энергии, которая расходуется на нагрев поверхностей. Поэтому интенсивность ранних отражений меньше (но не на много) интенсивности прямого сигнала. Ранние отражения проявляются как ясно различимые эхо-сигналы. Временные промежутки между ними достаточно велики, т. к. велики разности длин путей, по которым сигналы доходят до слушателя. Например, волна может отразиться или от боковой, или от тыльной стены. Возможно, что часть волн, относящихся к ранним отражениям, испытают не одно, а несколько отражений. Ранние отражения содержат в себе информацию не только о месте расположения источника звука, но и о размерах помещения. Именно ранние отражения вносят наибольший вклад в пространственное ощущение акустики зала. К ранним отражениям относят те копии первичного сигнала, которые отстают от прямого сигнала не более чем на 60 мс.

Вторичные и последующие (поздние) отражения - это звуковые волны, многократно отраженные от каждой из поверхностей. По мере увеличения числа переотражений интенсивность аудиосигналов заметно уменьшается. Кроме того, изменяется спектральный состав звуковых колебаний. Дело в том, что из-за различий в конфигурации отражающих поверхностей и в свойствах материалов покрытий разные спектральные (частотные) составляющие аудиосигнала отражаются не одинаково. Какие-то из них поглощаются сильнее, поэтому затухают быстрее. По мере возрастания номеров вторичных отражений они рассеиваются, их число увеличивается. Постепенно они перестают восприниматься как отдельные звуки, сливаются в один сплошной постепенно затухающий отзвук. Это и есть собственно реверберация или реверберационный хвост (reverb tail).

Теоретически затухание звука длится бесконечно. На практике, для того чтобы можно было сравнивать между собой различные реверберационные процессы (а, главное, реверберационные свойства помещений), введено понятие времени реверберации. Время реверберации - это такое время, за которое уровень реверберирующего сигнала уменьшается на 60 дБ (параметр часто обозначают сокращенно: RT 60).

Основным элементом, реализующим эффект реверберации, является устройство, создающее эхо-сигнал. С историей развития таких устройств (эхо-камеры, стальные листы со звукозаписывающими, пружинные, магнитофонные и цифровые ревербераторы) вы можете познакомиться в статье ["Знал ли Пушкин о реверберации"](#).

С появлением программ для работы со звуком и записи музыки на смену аппаратным ревербераторам начали приходиться ревербераторы виртуальные. В них эффект реализуется на основе математического моделирования физических процессов. Фирмы-разработчики ведут непрерывную конкурентную борьбу, в результате которой появляются все новые и новые программы, отличающиеся качеством алгоритмов, набором редактируемых параметров, дизайном окон. Материал о многих очень интересных средствах создания звуковых миров вы найдете в книге ["Профессиональные плагины для SONAR и Cubase"](#)

Относительно недавно распространение получили программные ревербераторы, основанные не на моделировании цифровых линий задержки, а на совершенно другом принципе действия, который вполне можно считать достойным воплощением идеи Фрэнсиса Бэкона. Часто подобные устройства или программы называют сэмплирующими ревербераторами. Об одном из лучших представителей нового класса виртуальных ревербераторов - Waves IR-1 Parametric Convolution Reverb - и пойдет сейчас речь.

В самом названии плагина Waves IR-1 Parametric Convolution Reverb содержится довольно подробное описание принципа его действия. Это ревербератор, основанный на цифровой свертке (Convolution) обрабатываемого звукового сигнала с импульсной характеристикой (IR - Impulse Response) концертного зала (или моделируемого реального звукотехнического прибора). Здесь присутствуют два ключевых термина: *импульсная характеристика* и *свертка*. Применение плагина невозможно без понимания их смысла. Попробуем пояснить его словами и в нескольких фразах, хотя в учебниках радиотехники соответствующий материал занимает около тридцати страниц и содержит порядка пятидесяти формул с комплексными числами, интегралами и производными.

В теоретической радиотехнике для расчета отклика некоторой линейной электрической цепи на поступающий сигнал разработано несколько способов. Для установившегося режима удобно использовать спектр сигнала и частотную характеристику цепи. Если рассматривается нестационарный переходный процесс (а реверберация как раз таковым и является), то адекватным математическим аппаратом будет описание электрической цепи ее импульсной характеристикой. При этом сигнал на выходе цепи получают путем свертки импульсной характеристики с входным сигналом.

Что представляет собой импульсная характеристика? По существу, это тот сигнал, который появится на выходе цепи в результате воздействия на ее вход единичного импульса, длительность которого стремится к нулю, а величина - к бесконечности. Подобный идеализированный импульс носит название "дельта-импульс". Он является математической абстракцией. В природе таких сигналов не существует. Но можно сформировать очень короткий импульс, приближающийся по свойствам к дельта-импульсу.

Итак, мы пропускаем через исследуемую цепь короткий импульс, в результате чего получаем импульсную характеристику (и, конечно, так или иначе ее фиксируем).

Но это только полдела. Нас ведь интересует отклик цепи не на тестовый импульс, а на некий реальный сигнал непредсказуемой формы. Тут физика на время отходит в сторону и уступает место математике. Любую сложную функцию, любой сигнал (например, звук оркестра, играющего на сцене концертного зала) можно представить в виде множества дельта-импульсов, сдвинутых по времени друг относительно друга. Если считать, что рассматриваемая цепь линейна, то справедлив принцип суперпозиции: результирующий выходной отклик на сигнал равен сумме элементарных откликов на каждый из дельта-импульсов, описывающих его. В свою очередь, математической операцией, позволяющей вычислить результирующий отклик по элементарным откликам, является свертка сигнала с импульсной характеристикой.

Свертка хорошо знакома специалистам в области обработки сигналов, математикам, радиоинженерам. Видимо, наступило время, когда и музыканты должны научиться выговаривать этот термин, а главное - понимать и применять.

Что же представляет собой свертка? Прежде всего, свертка - это операция, выполняемая над двумя сигналами (или парой "сигнал-характеристика", характеристика - тоже сигнал, но только зафиксированный в памяти вычислительного устройства). В результате формируется третий сигнал - свертка двух исходных.

Первый отсчет свертки получают следующим образом: для каждого момента времени (на интервале существования сигналов) отсчет одного сигнала умножают на отсчет второго сигнала, результаты умножений складывают. Чтобы получить второй отсчет, один из сигналов предварительно сдвигают на время, равное интервалу между отсчетами, затем опять следует серия перемножений и суммирование. Остальные отсчеты свертки получают аналогичным образом: сдвиг, перемножения, суммирование, сдвиг, перемножения, суммирование и т. п.

Результат в значительной степени зависит от того, насколько похожи или, напротив, различны свертываемые сигналы (говорят: *насколько они коррелированы*). Угадать заранее, как будет выглядеть свертка двух разных сигналов, в общем случае невозможно. Но для ряда сигналов известна их автокорреляционная функция, т. е. свертка самого сигнала и его сдвигающейся во времени копии. Если, например, свертывается реализация шума с ней же, то свертка будет выглядеть, практически, как один пик - большой по величине и короткий по продолжительности импульс. Если свертывается синусоидальный сигнал (идеальный чистый тон) с ним же, в результате получится тоже синусоидальный сигнал. Если свертывается прямоугольный импульс с ним же, то получится импульс треугольной формы. Если свертывается конечный отрезок синусоидального сигнала (радиоимпульс) с ним же, то получится сигнал с синусоидальным заполнением и огибающей, которая имеет треугольную форму. Все это бесспорные научные истины, прочитав которые вы можете в любом учебнике по теоретическим основам радиотехники.

Особенность применения поясненных методов для реализации звуковых эффектов состоит в том, что не всегда импульсная характеристика здесь описывает свойства именно электрической цепи. Чаще она несет в себе информацию об акустических свойствах того или иного помещения. Хотя, разумеется, результаты акустических измерений преобразуются сначала в электрическую, а затем и в цифровую форму.

Возвратимся к плагину Waves IR-1. Основное назначение плагина состоит в следующем: он выполняет свертку любого звукового сигнала, поступающего на его вход (например, оцифрованного звука голоса певца), с импульсной характеристикой, заранее загруженной в плагин.

Какое практическое значение это имеет? Если в Waves IR-1 загрузить импульсную характеристику определенного концертного зала, то после обработки плагином записи, которая на самом деле сделана в домашней студии, у слушателей появится впечатление, что она исполняется в этом зале. Ведь в импульсной характеристике как раз и учтены все особенности отражения и поглощения звукового импульса именно в соответствующем ей зале.

Технология получения импульсной характеристики зала довольно трудоемка. При ее регистрации источник звука (акустическую систему) располагают на сцене, а ненаправленный микрофон (иногда несколько микрофонов) - в зрительном зале. Микрофон должен быть поднят над полом на ту же высоту, на которой обычно находятся уши зрителя. Звук, который генерируется источником, как правило, не должен иметь тональной окраски. Хорошо, если это действительно будет очень короткий импульс (щелчок). Звук, принятый микрофоном, записывают, пользуясь любым звуковым редактором. Полученный WAV-файл средствами Waves IR-1 импортируют в плагин. При этом он превращается в импульсную характеристику, которая и используется при выполнении свертки.

Существуют специальные программы для моделирования акустики помещения с высокой достоверностью. В реальном времени они не работают, т. к. требуют очень много вычислительных ресурсов. Зато с их помощью можно получить импульсную характеристику моделируемого помещения и в дальнейшем использовать ее для создания эффекта в реальном времени.

Заметим, что в плагине реализовано неразрушающее редактирование импульсной характеристики. На практике это выглядит как редактирование различных параметров реверберации. Состояние элементов управления параметрами реверберации можно сохранить в файле в качестве пользовательского пресета. В этом же файле пресета сохраняется и ссылка на путь к тому файлу, где находится импульсная характеристика. Таким образом, и заводские и созданные вами файлы с импульсными характеристиками плагином не изменяются и с места на место не перемещаются. Не следует и вам

перемещать эти файлы средствами Windows, иначе Waves IR-1 их "потеряет".

Кроме классической импульсной характеристики, полученной как отклик исследуемого объекта на импульсное воздействие, плагин позволяет работать и с характеристикой, которую, строго говоря, импульсной назвать нельзя. Она получается в результате записи отклика исследуемого помещения на ЛЧМ-сигнал (сигнал с линейной частотной модуляцией). В плагине этот сигнал называется Sweep. ЛЧМ-сигнал представляет собой импульс, заполненный звуковым колебанием, частота которого непрерывно перестраивается в достаточно широком диапазоне, причем изменение частоты линейно связано со временем. При этом фактически проводится последовательный спектральный анализ частотных свойств помещения. Импорт Sweep-характеристики в Waves IR-1 осуществляется специальной командой.

Кроме воссоздания акустической атмосферы конкретных концертных залов существует еще одно не менее заманчивое применение Waves IR-1. Если в плагин загрузить импульсную характеристику какого-либо реального ревербератора, то вы получите возможность обрабатывать ваши записи этим прибором, не имея его на самом деле. Представьте: не требуется покупать дорогой аппарат, пользуясь вместо прибора его моделью! Правда, нужно раздобыть соответствующую импульсную характеристику. К тому же не всякие приборы обработки звука таким способом удастся успешно смоделировать. Напомним, что преобразования сигнала, основанные на свертке, дают корректный результат только в случае, когда соблюдается принцип суперпозиции, т. е. электрический или акустический объект, импульсную характеристику которого вы используете, линеен. Поэтому не очень удачными окажутся попытки эмулировать те приборы обработки звука, принцип действия которых основан на нелинейном преобразовании сигнала (например, приборы динамической обработки и гитарные эффекты "фуз", "дистошн", "овердрайв").

Пора выяснить, откуда же берутся импульсные характеристики. Небольшая по объему библиотека устанавливается вместе с плагином. Но не это главное. Важно, что лицензионный плагин поставляется на DVD, причем дистрибутив самой программы занимает не так уж и много места. Остальное - коллекция импульсных характеристик. Приобрести файлы с импульсными характеристиками можно также у разработчика (<http://www.waves.com>).

Сейчас коллекция фирменных импульсных характеристик содержит три библиотеки. Первая библиотека (Sampled Acoustics) включает в себя импульсные характеристики реальных концертных залов, театров, стадионов, клубов и других помещений. Особенно впечатляет Sydney Opera House, объединяющий в себе оперный театр и студию. В описании коллекции импульсных характеристик приводится вид всего сооружения, план зала, схема расположения источника звука и микрофона. Словом, отныне даже жители российской глубинки могут наслаждаться своими композициями в условиях фантастической акустики Sydney Opera House. Лететь в Австралию для этого не обязательно.

Вторая библиотека (Virtual Acoustics-Devices) составлена из импульсных характеристик, снятых с реального аппаратного ревербератора категории hi-end (его наименование, по всей видимости, умышленно не называется). Третья (Virtual Acoustics-Synthetic) - содержит искусственно синтезированные импульсные характеристики.

Импульсная характеристика - основной, но не единственный фактор, определяющий свойства полученного эффекта реверберации. Как мы уже говорили, в Waves IR-1 импульсную характеристику можно изменять, управляя различными ее параметрами. Напомним, что редактирование в данном случае является неразрушающим: исходный файл, содержащий характеристику, не затрагивается. Как только вы измените с помощью мыши состояние любого из элементов управления плагина, автоматически будет рассчитана новая импульсная характеристика, которую программа сохранит в недоступном пользователю временном файле. Для вычислений требуется довольно много времени - несколько секунд. Поэтому, если вы станете трогать регуляторы во время

воспроизведения проекта, то обязательно будут возникать паузы.

Для того чтобы разобраться в том, какие операции редактирования доступны (какими параметрами реверберации можно управлять), рассмотрим окно плагина, подключенного к виртуальной студии Cubase SX.



Окно плагина Waves IR-1

В левой части окна плагина расположен дисплей, на котором отображаются общие сведения об импульсной характеристике и информация об исходных и отредактированных значениях некоторых ее параметров.

Над дисплеем расположены две кнопки. Кнопка **Full CPU/Low CPU** фактически управляет качеством преобразований, обеспечивая заодно и изменение загрузки процессора. Кнопкой **Reverse** производится зеркальный поворот импульсной характеристики (при этом ее правая и левая границы меняются местами).

Сама импульсная характеристика отображается в рабочем поле посередине окна плагина. По горизонтальной оси отложено время, а по вертикальной - соответствующие значения характеристики. Прямой сигнал выделяется темным оттенком коричневого цвета, ранние отражения - посветлее, а реверберационный хвост - самым светлым. С помощью кнопок **Zoom** можно увеличивать и уменьшать масштаб отображения, а, пользуясь полосой прокрутки, - просмотреть любые участки характеристики. В этом же поле отображена и доступна для редактирования огибающая - график функции, на которую умножаются отсчеты исходной импульсной характеристики. По умолчанию эта функция тождественно равна единице (график - горизонтальная линия) и не оказывает влияния на характеристику. Форму графика можно изменить: сначала двойными щелчками на графике создайте необходимое количество узловых точек, а затем мышью переместите каждую из них в требуемую позицию. Кнопкой **Bypass** отключается воздействие огибающей на характеристику, а кнопкой **Clear** графику возвращается исходный вид.

Итак, у вас есть возможность изменять форму импульсной характеристики во временной области.

Но это еще не все. Для редактирования доступны и спектральные свойства виртуального

ревербератора. В правой части окна плагина находится шестиполосный параметрический эквалайзер. Два фильтра (нижних и верхних частот с перестраиваемыми частотами среза и коэффициентами передачи) подключены постоянно, а еще четыре фильтра можно подключать по вашему желанию. У подключаемых фильтров доступны регулировки усиления в полосе пропускания, добротности и частоты настройки (обратите внимание на узловые точки графиков амплитудно-частотных характеристик фильтров и кнопки-слайдеры). С помощью эквалайзера можно изменять время затухания определенных частотных составляющих сигнала относительно общего времени реверберации.

В свою очередь, время реверберации RT60 регулируется слайдером группы **Reverb Time**. Фактически при этом увеличиваются или уменьшаются значения отсчетов исходной импульсной характеристики (изменяется коэффициент **Ratio**, на который умножается естественное время реверберации помещения, где снималась характеристика).

При желании вы можете использовать в свертке не всю исходную импульсную характеристику, а лишь ее произвольный фрагмент, левая граница и протяженность которого задаются кнопками-слайдерами **Conv. Start** и **Conv. Length**.

Следующие четыре слайдера позволяют внести специфические изменения в модель ревербератора. **Size** - регулятор размера моделируемого помещения, **Density** - регулятор плотности ранних отражений. Слайдер **Reso** позволяет подчеркнуть или, напротив, сгладить естественные резонансные свойства помещения-прототипа. Слайдер **Decorr** влияет на степень декорреляции (в данном случае - разделения) сигналов правого и левого стереоканалов. В группе **Latency** отображается задержка, которую вносит плагин при обработке сигнала. Для ее компенсации можно искусственно задержать необработанный сигнал (кнопка-слайдер **Dry**).

Кнопка-слайдер **ER Buildup** обеспечивает изменение скорости нарастания ранних отражений, а **ER|TR-X** - времени перехода от ранних отражений к реверберационному хвосту.

Слайдер **Dry/Wet** управляет соотношением уровней исходного и обработанного сигналов на выходе плагина. Нажатием кнопки **Dry/Wet** (она меняет свое название на **Dry Gain**) этот слайдер превращается в регулятор усиления необработанного сигнала. Уровень обработанного сигнала при этом не регулируется.

Далее вправо расположена группа кнопок, с помощью которых можно изъять из импульсной характеристики (или вновь восстановить в ней) участки, соответствующие прямому сигналу (**Direct**), ранним отражениям (**ER**), реверберационному хвосту (**Tail**). Рядом расположены кнопки-слайдеры, обеспечивающие редактирование значений характеристики для этих фаз реверберационного процесса и временное упреждение (**Predelay**) их наступления. Каждый из этих двух параметров трех фаз можно редактировать и независимо, и совместно (определяется состоянием кнопок, которые своим дизайном напоминают светодиодные индикаторы).

В правой нижней части окна расположен стереоиндикатор и сдвоенный регулятор уровня выходного сигнала **Output**. Здесь же в случае возникновения отображается перегрузка.

Словом, плагин позволяет не только переносить ваш виртуальный оркестр в любое помещение, для которого имеется импульсная характеристика, но и, редактируя ее, всячески перестраивать это помещение: менять его размеры, материал стен, пола и потолка, заполнять его различными поглощающими или отражающими звук предметами. Перечисленное является моделированием физически реализуемых преобразований помещения. А кроме этого, вы можете совершать и действия, которые в реальной жизни вовсе невозможны, а доступны разве что только в ваших снах да еще в фантазиях Фрэнсиса Бэкона: расчленять эхо на составные части и менять местами причину и следствие.

Заметим, что аналогичное по назначению и принципу действия средство создания акустической атмосферы уже давно имеется в составе звукового редактора Cool Edit Pro (Adobe Audition). Работа с ним подробно рассмотрена в книге "[Cool Edit Pro 2. Секреты мастерства](#)". Однако особого энтузиазма у компьютерных музыкантов оно не вызвало. Все дело в том, что с программой всегда поставлялось совсем уж незначительное количество импульсных характеристик. А заниматься их самостоятельным "изготовлением" находилось не очень много желающих.

Наряду с Waves IR-1 в наши дни появилось еще несколько виртуальных устройств аналогичного назначения. Некоторые из них относятся к числу свободно распространяемых программных продуктов. Если немного поискать в Интернете, то вы обязательно найдете и бесплатные коллекции импульсных характеристик. Среди них есть и те, что описывают конкретный пресет конкретной модели ревербератора конкретной фирмы. Воздержимся от ссылки на ресурсы-источники соответствующих файлов, т. к. есть определенные сомнения в законности несанкционированного съема импульсных характеристик фирменной аппаратуры и дальнейшего их неконтролируемого распространения. Ведь это явно наносит вред производителям. Кто же станет покупать навороченный ревербератор, отдавая за него много-много долларов, если за ночь можно "накачать" несчетное количество "слепков" с десятков лучших приборов.