

Вместительность и обволакивание в музыкальных акустических

Дэвид Гринингер Lexicon
100 Beaver Street
Waltham, MA 02154

Аннотация:

Житейская мудрость гласит, что вместительность и обволакивание вызваны боковой звуковой энергией в помещениях, и что это рано прибывает боковая энергия, которая является наиболее ответственным. Однако небольшие комнаты часто имеют много ранних боковых отражений, но по общему определению маленьких номера не просторные. В данной статье (кратко) описывает серию экспериментов, в восприятии пространства и окружения. Представления оказываются связаны чаще всего с боковой (диффузной) энергией в залах по крайней мере, 50мс после концов нот (фон реверберации) и реже, но главное в свойствах звукового поля, как проводятся ноты. Эксперименты с оркестровой музыкой на высоком уровне ревербирующего показывают, что это очень поздно > 300мс отраженной энергии, которая несет основную ответственность за вместительности. Мера по вместительности - Боковой Early Decay Time (LEDT) предлагается, и результаты этой меры в нескольких залах приведены. Хороший матч между новой мерой и субъективными впечатлениями от залов найден.

Вступление

Когда мы начали изучать зал акустики около 10 лет назад мы предположили, что вместительность, обволакивание и Реверберация все были по существу то же самое. Однако в литературе по данному вопросу определены вместительность и Envelopment с боковыми отражениями, в частности отражений, прибывающих до первых 80 мс. Эта литература была поддержана простыми лабораторными экспериментами себя и многими другими, испытывая влияние однократный отражений при различных задержках и углах. Еще несколько тайн остались. Во-первых, серия измерений в электронном виде расширенного зала показал, было небольшое изменение в начале отраженной энергии, когда повышение был включен, даже несмотря на изменение субъективного впечатления было драматично. Во-вторых, по общему наблюдению небольшие номера не просторные, несмотря на то, что они могут иметь очень сильные ранние боковые отражения. В-третье, на концерте это середины и концы нот, которые просторны, никогда атак. В-четвертых, вместительность или зал впечатление в большом зале с речью или сольной музыки, казалось, не зависит от расстояния источника, даже если импульсный отклик очень изменился. Что-то нечисто с общепринятой точки зрения вместительности.

Одна из трудностей оказались вопрос определения. «Просторный» в Heritage Dictionary американского определяются как «1. предоставление или имеющих много места или комнаты,» и «2. Подавляющий в пространстве или объеме, 'просторный вид.» В английском языке концертный зал может быть просторным, звуковое поле из гобоя может быть просторным, но гобой не может. Несмотря на это большинство исследований в области вместительности приравнивает термин с шириной видимого источника (ASW). Это должна эквивалентность вызвала массу неприятностей - и не будет сопровождаться здесь. Где мы используем термин spaciousness или вместительность мы даем ему общий смысл - что звуковое поле создает впечатление большого и объемлющего пространства. Таким образом, вместительность и обволакивание подобные впечатления для целей настоящего документа. Мы хотим, чтобы различать звуки, которые имеют большую ширину источника, звуки, которые имеют акустическое впечатление, связанное с ними, которое в значительной степени фронтальная, и звуки, где акустическое впечатление окружает слушателя. На наш взгляд, только звуки последнего типа просторные. Мы будем использовать термин «пространственное впечатление» Бэррона (SI) для обозначения акустического впечатления, будь то просторный или нет.

Мы начали продолжающуюся серию экспериментов, в восприятии пространства и как это восприятие может быть увеличена за счет электронного усиления или тщательного проектирования зала. Мы решили, что необходимо было понять физику используемого уха и мозгом, чтобы обнаружить в поперечное направление, и как мозг интерпретирует колебания в кажущемся направлении из-за отраженную энергию. Хотя эта работа была интересной и, казалось оригинальным, он не объясняет отсутствие простора в небольших помещениях, а также удовлетворительная мера казалась недостижимой.

Для того, чтобы прийти к более удовлетворительному решению мы обнаружили, что пришлось совмещать работу на боковой локализации с двумя другими понятиями. Первый из них включает в себя свойства музыкальных звуков. Музыкальные звуки очень редко напоминают импульсный отклик мы обычно измеряем. На самом деле, импульсная характеристика вводит в заблуждение, когда мы пытаемся понять, вместительность и ПЛО. Ухо должно справляться со звуковыми событиями, как они прибывают, и они обычно не импульсы. С речью звуки фонемы, с музыкой они нота. Такие события имеют начала, высоту, тембр, громкость и окончания. Когда звуки нанизываются вместе, чтобы сформировать музыку или речь есть пробелы между нотами и фонем. ASW по определению является свойством горизонтальной локализации и локализация зависит от атак звуков. Для того, чтобы понять, ASW мы должны смотреть на свойствах звука начал и как ухо использует их, чтобы определить локализацию. Но ASW и пространственное впечатление различны. Для того, чтобы понять SI мы должны смотреть на то, как акустика изменяет давление на наши барабанные перепонки во время промежутков между звуками, а также в середине и концах звуков. Мы должны смотреть на то, как мозг организует звуковые события в связанные потоки. Наша цель состоит в том, чтобы найти, как ухо интерпретирует изменения, в частности, как ухо интерпретирует колебания разности междушумной интенсивности (IID) и разность междушумной интенсивности (OIT.) Импульсный отклик самого по себе является лишь средством для достижения этой цели. Для того, чтобы понять SI мы должны смотреть на то, как акустика изменяет давление на наши барабанные перепонки во время промежутков между звуками, а также в середине и концах звуков. Мы должны смотреть на то, как мозг организует звуковые события в связанные потоки. Наша цель состоит в том, чтобы найти, как ухо интерпретирует изменения, в частности, как ухо интерпретирует колебания разности междушумной интенсивности (IID) и разность междушумной интенсивности (OIT.) Импульсный отклик самого по себе является лишь средством для достижения этой цели. Для того, чтобы понять SI мы должны смотреть на то, как акустика изменяет давление на наши барабанные перепонки

Второе ключевое понятие является звуковым фоном. Мы нашли в (18), что восприятие Реверберации в музыке и речи возникает из функции головного мозга, участвующая в восприятии расстояния. Мозг обрабатывает входящий звук в поток переднего плана - та часть, которая имеет информационное содержание сигнала - и фоновый поток. Фоновый поток может содержать множество различных частей - в лесу, например, она может содержать ветра или воды шума, а также общие щебечет животных или самолетов. Оно воспринимается нашим мозгом как непрерывное, и громкость звука на переднем плане по сравнению с фоном в качестве одной из мер расстояния источника. В гулкой среде фон реверберация. Когда музыкальная нота заканчивается, существует временная задержка между окончанием записки и началом интеграции громкости для фона. Время зависит от конкретного человека. Это по меньшей мере, 50 мс долго, но чувствительность к фону увеличивается по мере увеличения задержки, вплоть до максимума при температуре около 160 мс. Если музыкальный материал, который создает фон не сильно маскирует громкость фона является абсолютным - это не зависит от громкости на переднем плане. Это объясняет тот факт, что зал впечатление на речи или сольной музыке может показаться не зависит от расстояния до источника. С оркестровой музыкой, задержка времени до Реверберации особенно слышно после окончания примечания дополнительно увеличивается от нескольких факторов, в том числе тенденции музыки, чтобы замаскировать свою собственную реверберацию. Мы обнаружили, что для большинства музыки, 350 мс является подходящей временной задержкой.

Заключительная часть загадки была понять, что покрывка и вместительность, на самом деле тесно связан с Реверберацией. Если вы не можете слышать Реверберацию не воспринимает зал, как просторно. Тем не менее, она является боковым или диффузным компонентом реверберации, который имеет значение. Реверберация спереди или над головой не воспринимается как просторно. Из этих данных новая меры как для Реверберации и вместительность предлагается - латеральный EDT, или LEDT

Лабораторные эксперименты с многократными отражениями

В течение нескольких лет мы исследовали восприятие отражений и реверберации с помощью наушников. Устройство состоит из звуковых источников розового шума, розовых щелчков спектра, речи и музыки. Эти источники проходят через фильтр нижних частот переменного диапазона в 48 дБ / октаве, а затем к коммерческому цифровому сигнальному процессору. Процессор включает в себя программу «бинауральные Simulator», который добавляет отражения и реверберацию входящего звука.

В этих экспериментах входящий звук монофонический. Оно направлено в равной степени обоим ушам, чтобы сформировать прямую звуковой образ. Боковые отражения моделируются регулируемые аттенюаторы и задержек. Эти отражения латерализованные через комбинацию междушумной задержки и фильтр нижних частот. Выход одного аттенюатора и задержек направлен на один наушник, и дополнительная задержка и фильтр нижних частот однополюсных добавляются до того, как отражение подключено к другому уху. Дополнительная задержка 750us и низкий проход 4kHz эффективны в lateralizing отражения. С помощью этого тренажера задержки и уровня до шести отражений, 3 с каждой стороны слушателя, можно регулировать в режиме реального времени. Тренажер также позволяет реверберации с большим количеством различных временных профилей, которые будут добавлены к звуку (26,27).

Боковые отражения с группой ограниченных розового шума

Мы использовали этот симулятор много раз за последние несколько лет, чтобы экспериментировать с обоими отражениями и реверберацией. Когда шум используется в качестве источника, а полоса пропускания является либо широкополосной или содержит только частоты выше 300 Гц, результаты внимательно следят за предыдущие работами по Keet, Баррон, Шуберт и т.д. Боковые отражений с задержками больше, чем приблизительно 10 мс дают ощущение объемного звучания, который отличается от центрального образа. Порог для объемного впечатления о 20дБ ниже прямого уровня, а также при использовании несколько отражений это полная энергия, которая определяет как порог и громкость. Таким образом, когда вы объединяете несколько отражений каждый из которых ниже слышимости результат может быть слышен, если полная энергия больше, чем -20дБ. С шумом существует очень мало изменений в пространственных свойствах звука, задержка отражения увеличивается за 10мс. Впечатление всегда острого центрального источника в присутствии поля объемного звучания. Впечатление постоянна, пока один отражение не находится в пределах 3 дБ прямой энергии, и в этот момент кажущиеся увеличивается ширина и положение прямого звука смещается в сторону отражения. ПЛО является плохим описанием эффектов отраженной энергии на сигнале шума выше 300 Гц. Впечатление резкого источника звука в присутствии объемного звучания. Когда шум ограничен частоты ниже 300 Гц результаты аналогичны, но больше задержки необходима для эффекта объемного звучания. Впечатление постоянна, пока один отражение не находится в пределах 3 дБ прямой энергии, и в этот момент кажущиеся увеличивается ширина и положение прямого звука смещается в сторону отражения. ПЛО является плохим описанием эффектов отраженной энергии на сигнале шума выше 300 Гц. Впечатление резкого источника звука в присутствии объемного звучания. Когда шум ограничен частоты ниже 300 Гц результаты аналогичны, но больше задержки необходима для эффекта объемного звучания. Впечатление постоянна, пока один отражение не находится в пределах 3 дБ прямой энергии, и в этот момент кажущиеся увеличивается ширина и положение прямого звука смещается в сторону отражения. ПЛО является плохим описанием эффектов отраженной энергии на сигнале шума выше 300 Гц.

Обсуждение экспериментов шума

Мы убеждены в том, что объемное впечатление зависит от колебаний разности межшумной интенсивности (IID) и разность интераурального времени (ОИТ). Флуктуации являются результатом интерференции между прямым звуком и отраженным звуком в двух ушах. (21) выражает эти колебания в виде колебаний в «pseudoangle» позиции источник должен иметь от измеренного IID и ITD если ухо были в состоянии следовать за быстрое движение. В случае экспериментов, описанных выше шума флуктуации в обоих IID и pseudoangles РВП малы, пока отраженная энергия не находится в пределах 3 дБ прямой энергии. В результате, видимая ширина источника остается резкой, расширение только тогда, когда общие отраженной энергия становится большой.

При таком понимании происхождения вместительности становится возможным предсказать, как будет восприниматься различные типы непрерывных сигналов и углов источника. Мы должны рассматривать только как отраженный звук мешает прямому звуку, чтобы вызвать колебания в ОИТ и IID. Простой аргумент предсказывает наблюдаемую зависимость СИ с углом источника и наблюдаемой зависимости СИ на вибрато и тремоло в музыкальных тонах. См (21). Наблюдение, что с псевдослучайной шумовой вместительности требует более длительного времени задержки на низких частотах, чем на средних и высоких частотах провокационной и не совсем понятно, в это время. Подобное увеличение необходимой задержки для вместительности на низких частотах было отмечено Шульца (42).

Шумовые сигналы являются непрерывными перцептивно - они образуют единое (хотя и длительный) событие. Объемное звучание может восприниматься по отдельности - это может иметь различный тембр, например, и она может иметь различные пространственные свойства. Однако объемный и прямой сигнал связаны друг с другом. Для шума от 300 Гц до 2000 Гц, если изменяются уровень пространственных свойства остаются неизменными. ASW (если таковые имеются) не зависит от громкости звука, и поэтому впечатление от окружающего. Однако, когда шум включает в себя значительные низкие частоты, так как уровень увеличивает вместительность увеличивается, иногда резко. Хидак и Bergnek (30) объяснить этот эффект пути хорошо известного увеличения порога слышимости при уменьшении частоты. Если отраженная энергия ниже слышимости не будет услышан, и он не будет производить вместительность. Объемное звучание, связанное с шумовыми сигналами является пространственным впечатлением, мы называем «непрерывным пространственным впечатлением», или CSI. Это может быть обволакивающее, когда она сильна, но не всегда «просторный». Это может быть относительно независимым от громкости источника, в частности, на частотах > 300 Гц. CSI изображен визуально в figure 1b.

Эксперименты с ограниченной полосой музыки и речью в качестве источников звука.

Преимущество легко регулируется экспериментальной установки является то, что иногда вы найдете что-то неожиданное, а просто играл. Мы сделали такое открытие, пытаюсь определить, отражение

задержки и амплитуды необходимо расширить звуковое изображение выше 300Гц. Мы использовали речи в качестве источника. Было установлено, что отражения с задержками меньше, чем 20мс могут расширить источник - но степень расширения зависит от времени нарастания конкретной фонемы. Смотрите рисунок 2. В общем, если сильное боковое отражении прибыли во время нарастания фонемы изображения было расширено, в противном случае он не пострадал. Это был ожидаемый результат - мы считаем, что ASW зависит от повторяемости ОИТ во время вступлений событий, как по третьей полосам, так и между различными элементами переднего плана потока. Существует значительное неврологическое свидетельство о важности времени нарастания звуковых событий. Можно найти нервы, которые огонь только на подъеме событий, с частотой стрельбы, которая зависит от времени нарастания. Это было бы сильное давление evolutionarily использовать начало звукового события для определения локализации кажется очевидным. ИТД от начала, вряд ли будет загрязнена отражениями.

Однако, при перемещении задержки вокруг мы заметили, что произошло резкое изменение объемного впечатления, когда один или несколько задержек превысила 50мс. С речью одно отражение с менее 50мс задержки не дает ощущение объемного звучания. Хотя пространственное впечатление производит видимое размещение этого впечатления является фронтальным - тесно связано с прямым звуком, но не меняя видимую ширину источника очень много. По мере увеличения времени задержки резкое изменение в впечатление происходит при температуре около 50 мс. Одиночные отражения с большей задержкой начинают становиться отделят от прямого звука. С одной сильной рефлексии один знает отдельного звукового события, а иногда может локализовать его самостоятельно. С многократных отражений расположены полу равномерно от 10 мс до более чем 55ms дискретных эхо-сигналов не слышно, и впечатление становится, что резкого источника в присутствии полностью обволакивающее. Когда все отражения меньше, чем 50мс пространственное впечатление фронтальное. Когда источник звука имеет медленные нотные начала - такие, как легато строки - это образец отражения также производит значительное расширение источника (ASW). Однако пространственное впечатление остается фронтальным.

Таблица 1: Два набора отражений: набор А фронтальный, множество В просторном.

Набор А:	1L	2L	3L	4R	5R	6R
уровни	-10дБ -10дБ -10дБ -10дБ -10дБ -10дБ					
delays	11,39	24,71	41,26	5,49	22,79	47,92
Набор В:						
уровни	-10дБ -10дБ -10дБ -10дБ -10дБ -10дБ					
delays	11,39	24,71	54,99	5,49	22,79	59,32

Это наблюдение было протестировано с 6 слушателей, 5 из которых слышали эффект сильно. Источник звука было речи ограничивается 300Hz до 2000Hz. Один субъект (аф) сказал: «Множество А звучит как голос в присутствии системы общественного адреса, который расположен в передней части комнаты. Набор В звучит, как вы в аэропорту, а также акустические системы все вокруг вас.» Испытуемых также попросили, чтобы начать с множества А и увеличить задержку последнего отражения, пока звук не сдвигается от лобной к окружающим. Пять предметов, которые могли бы услышать эффект выбран задержки между 52 и 60 мс. Испытуемые затем повторно с камерной музыкой в качестве источника звука. Все нашли слух разницу между двумя наборами более сложными, но утверждал, что различие было упорствовать. Все слушатели сообщили, что с шумом в качестве источника, множества А и В были пространственно идентичны. Один из испытуемых затем увеличивал среднюю задержку отражений, и обнаружил, что то же самое объемное впечатление, может быть сгенерировано с ~ 6 дБ меньше всего отраженной энергией, когда отражения варьировались в задержке от 35 до 100 мс, по сравнению с множеством В. С множеством А этот предмет сказал «лобовая» локализация СИ была сохранена до тех пор, прямой звук не был около 10 дБ меньше по энергии, чем общее отражение энергии. Ниже этого уровня ASW был очень высок. Звук, казалось, пришел с противоположных сторон головы, но эффект не был большим. С множеством А этот вопрос сказал «лобовая» локализация СИ была сохранена до тех пор, прямой звук не был около 10 дБ меньше по энергии, чем общее отражение энергии. Ниже этого уровня ASW был очень высок. Звук, казалось, пришел с противоположных сторон головы, но эффект не был большим. С множеством В этот вопрос сказал «лобовая» локализация СИ была сохранена до тех пор, прямой звук не был около 10 дБ меньше по энергии, чем общее отражение энергии. Ниже этого уровня ASW был очень высок. Звук, казалось, пришел с противоположных сторон головы, но эффект не был большим.

Обсуждение речевых экспериментов

Чтобы понять эксперименты речи, мы должны рассмотреть вопрос о возможности механизма слуха сортировать входящие звуки на группы. Сортировка требует определенного минимального разделения во времени и частоте. Первоначальное значение эффекта Хааса связано с тем быть минимальное время между двумя звуками до уха может приписывать их, чтобы отделить звуковые события. Если два звука прибывают в течение 50мс друг друга они почти всегда объединены в одно событие по уху. Поскольку прямой звук сильно локализован, и

раннее отраженная энергия связана с ней перцептивно, объемного эффекта, который бы в противном случае, созданный флукутирующей IID и ITD в течение первых 50 мс ингибируется. Пространственный эффект воспринимается, но это фронтальное и не особенно сильно. Это пространственное впечатление, мы назвали EHS в более ранней работе (25), и мы отсылаем к нему, как ESI в этой статье. Он изображен на рисунке 1в. Это пространственное впечатление небольших помещений.

Маленькие комнаты генерируют большую часть отраженной энергии в течение первых 50 мс. Таким образом, вместительность они генерируют в ESI, а не вместительность, связанная со звуковым фоном. Очень ползузвукотражающаяся небольшая комната действительно производит звуковой фон, но впечатление не очень просторное. ESI имеет свои преимущества. Оба Beránek (4,5) и автор (25) отмечают, что без какой-либо энергии, поступающей, прежде чем 50мс звука в зале слишком резкий и прямой. Автор считает, существует оптимальный уровень для очень ранней энергии около -6 дБ по отношению к звуку. Это также верно и в записи музыки. Когда микрофон находится рядом с исполнителем может привести к «слишком много внимания» звук. Утечка к дополнительным (стерео) микрофонам около уровня -6 дБ, или намеренно расположения боковых отражений может устранить эту проблему.

Звуковой фон

В предыдущей работе мы (18) изучали громкость реверберации, и обнаружили, что результаты могут быть объяснены постулировать, что мозг содержит «фоновый детектор» нейронную цепь, которая отслеживает громкость фона между звуковыми событиями. Такой детектор полезен при определении расстояния источника звука. Эта работа указала, что определенный минимум времени должно пройти между концом переднего плана событием и началом интеграции громкости, который определяет уровень фона. В наших опытах с речью и музыкой на низком уровне ревербирующим этот раз зависит от человека, но в среднем около 160 мс. Эти эксперименты убедительно свидетельствуют о том, что мы воспринимаем как вместительность зависит от процесса обнаружения фона. Тем не менее, по крайней мере, с беззвонной речью сильных отражений могут быть расценена как фон, как мало, как 55ms задержки. Размышления, прибывающие ранее считаются частью прямого звука, и их направленное содержание тормозится. Как задержки увеличивает легкость, с которой отражения могут внести свой вклад в фоновом режиме увеличивается, и их направленное содержание способствует фон пространственного впечатления, или BSI. BSI изображен на рисунке 1а.

Отражения, которые способствуют ESI связывается с передним планом звуком, чтобы сформировать новый звук. Как правило, как тембр и форма распада являются слышимым изменены. Следствие этого связывания является то, что эффект отражения не зависит от громкости источника звука. Громко играет и поддаванию одинаково затронуты. «Интимность» BERÁNEK не является зависимым уровень. Обратное верно в BSI. Испытуемые (18) может соответствовать громкости фонового впечатления с более чем повторяемостью 2 дБ. Эта способность соответствовать фоновую громкость была абсолютной - она не зависит от громкости на переднем плане событий. С тональных лопнуть эксперименты, описанных в (24), а затем в этой статье, фон впечатление, что и устойчивого тон, громкость которого может быть легко согласована с другим фоном или тестовым тональным сигналом. Это не верно, на переднем плане событий, которые неопределенных громкости. В наушниках эксперимента с речью, где уровень отражений удерживаются постоянная, а уровень прямого звука изменяется объемное впечатление не зависит от прямого уровня. Вместительность от BSI, таким образом, не зависит от прямого к ревербирующим соотношению, но на абсолютной громкости фона. Это наблюдение не верно, когда имеется значительное маскирование, как мы увидим позже. но на абсолютной громкости фона. Это наблюдение не верно, когда имеется значительное маскирование, как мы увидим позже. но на абсолютной громкости фона. Это наблюдение не верно, когда имеется значительное маскирование, как мы увидим позже.

Следует подчеркнуть, что фоновое впечатление свойства звукового потока - серия взаимосвязанных звуковых событий нанизанных во время. Несмотря на то, как реверберацию и вместительность можно усмотреть из одной ноты или фонем, впечатление намного сильнее со строкой примечаний или фонем. В этих условиях фон воспринимается как постоянный звук, отдельно от переднего плана потока.

Концы звуковых событий

Это невозможно отделить вход звучит на первый план и фоновый поток, не зная, что на первом плане событие закончилось. Однако здесь мы на более сложном грунте. Там нет неврологических доказательств для детектора «конец события», и еще некоторые такой детектор должен существовать, или фон будет

неотделимы друг от друга. На каком-то уровне, мозг должен принять решение о том, что на первый план событие закончилось. Так же, как и когда может быть определена экспериментально.

Мы построили цифровой амплитудный модулятор на вход бинаурального синтеза программу, чтобы исследовать процесс разделения. С тон модулятора лопается с регулируемым временем нарастания, время удержания, и время спад может быть сгенерировано. Падение также может быть разбит на две части, каждая из которых имеет отдельный момент падения. цифры 3 - 7 показывают некоторые из сигналов, которые могут быть сгенерированы.

Модуляция фигуры 3 имеет быстрое время нарастания - менее 10 мс общего количества. Это похоже на некоторые фонемы. С этой модуляцией звуковыми образами остры, когда отражения > 10мс замедленным. Взрыв не затухает до нуля - есть постоянная секция 18dB ниже пика. При прослушивании тона органа с модуляцией фигуры 3 и без добавленных отражений громкости фона определяется уровнем этой постоянной части модуляции. Хотя на фоне отчетливо слышно, не обволакивающий. Это, как представляется, по центру, оссипинг то же пространство изображения как на передний плане. Как добавить боковые отражения изменения изображения. Если отражения <50мс в задержках Background появляется фронтальной, но диффузной. Если некоторые из отражений > 50мс результат может быть очень просторно.

Высокая вместительность обусловлена большим изменением IID и OIT в пространстве между нотами, где прямой звук низкий и отражения могут иметь максимальный эффект. После окончания мероприятия ноты ясно, интеграция фона громкости может начаться как можно скорее после окончания ноты, делая эффективную громкость фонового максимума. Если мы попытаемся по той же схеме отражения с модуляцией на рисунке 4 громкость фона ниже. Необходимо снизить уровень отражений на рисунке 5 примерно 6 дБ, чтобы достичь той же громкости с модуляцией рисунке 4.

Эти и многие подобные эксперименты с использованием обоих отражений и реверберации (см ссылку 43) показывают, что: Высокая вместительность требует больших колебаний в IID и OIT во время фонового звука. Громкость фона, а количество вместительности зависят от легкости, с которой фон и передний план могут быть разделены. Там, где звуковые события имеют медленное падение, больше времени должно пройти, прежде чем фон тонкомпенсация интеграция может начаться, и за это время распадется реверберирующая энергия.

Влияние ранних отражений на вместительности

Понимание того, что простор (по большей части) аспект звукового фона требует от нас переоценить влияние ранних отражений. Мы провели много экспериментов с модулятором, где были добавлены несколько боковых отражений с задержками от 10 мс до 100 мс до постоянного (и просторные) реверберации. Мы не нашли ни одного случая, когда добавление отражений вызывает вместительность увеличивается. В общем, вместительность уменьшается, иногда резко. Этот результат можно объяснить с помощью процесса разделения. Если мы имеем серию нот, такие как показано на рисунке 3, но с примерно 200мс длиной и с 200мсом молчания между нотами, добавив 1 сек RT реверберации при полной энергии около -5dB производит высокую объемность. В тишине между нотами реверберации распадов в

0.06dB / мс. Если мы добавим ранние отражения, являются ли они боковыми или нет, то, скорее всего, результат будет то, что кажущаяся длина ноты будет удлиняться, а пространство между ними сокращается. Поскольку фактическая реверберация тлеет, к тому времени, мы обнаружим его в качестве фона будет слабее. Кроме того, пространство между нотами становится короче - что позволяет меньше времени для интеграции фона до следующей ноты масок.

Фигуры 6 и 7 показаны формы сигналов от одного из этих ранних экспериментов отражения. Субъективное впечатление от добавления ранних отражений является увеличение кажущейся длительности ноты. Просторность уменьшается. В другом эксперименте на высоком уровне были добавлены ранние отражения в диапазоне времени от 10 мс до 40 мс. Эти отражения сильно увеличили громкость передних плана нот, но не изменили вместительность. Эффект ранних отражений в наших экспериментах было увеличить видимую длину и громкость ноты

- они также дали ему «акустический» качество - но они не увеличивают вместительность, и во многих случаях они уменьшают его.

Эти эксперименты и другие указывают, что даже тогда, когда концы записные полностью маскируются реверберацией звуковой фон формируется. Время задержки перед началом интеграции громкости становится больше. Снижение уровня 3 или 4 дБ при скорости / мс 1 децибел достаточно, чтобы отделить запись от фона, но там, где такое падение отсутствует разделение происходит в любом случае, но только после того, как на переднем плане событие уменьшается примерно на уровне 6 дБ.

Измерение вместительность

Наиболее важным результатом этих экспериментов является то, что вместительность определяется прежде всего пространственных свойств звука, по меньшей мере 50 мс после того, как концы нот, и во вторую очередь от пространственных свойств звука в то время как нота удерживается. Вместе эти факты исключают общую ассоциацию вместительности с ранними боковыми отражениями. Для большинства музыки вместительности связано с восприятием Реверберации, и это восприятие зависит от позднего отраженной энергии.

Существует, однако, еще один важный результат - что вместительность не является свойством, которое может быть определено с импульсной характеристикой, не предполагая, много о свойствах музыки. По крайней мере, мы хотели бы знать длину нот. Более длинные ноты возбуждают зал реверберацию больше, что делает силу Реверберация относительно прямого звука и ранних отражений выше. С более отражающем уровне от длинных нот это труднее обнаружить конец записки, и, таким образом, процесс разделения на переднем и заднем плане является более сложным. Мы также должны знать, время нарастания и время падения нот, и среднюю частоту, с которой пробелы появляются, в которых фон впечатление может развиваться. Bergnek (6) упоминает, что оркестры изменить способ, которым они играют для компенсации различных залов. Намеренно медленные времена падения будут компенсировать отсутствие залы Реверберации путем заполнения пространства между нотами, но работа в этой статье показывает, что медленные времена падения и небольшие зазоры уменьшают восприятие простора. Толщина оркестровки имеет значение также. Скудно организовала музыку, такие как Моцарт, делает как Реверберацию и вместительность более очевидной. Брукнер, с непрерывным звуком и плотной оркестровкой, необходимо намного больше реверберации уровня одинаково просторными. BSI также зависит от общей громкости звука, делает как Реверберация и вместительность более очевидной. Брукнер, с непрерывным звуком и плотной оркестровкой, необходимо намного больше реверберации уровня одинаково просторными. BSI также зависит от общей громкости звука, делает как Реверберация и вместительность более очевидной. Брукнер, с непрерывным звуком и плотной оркестровкой, необходимо намного больше реверберации уровня одинаково просторными. BSI также зависит от общей громкости звука.

Таким образом, у нас есть дилемма. Для измерения вместительности пути ухо слышит его, мы не должны использовать импульсную характеристику, но анализировать бинауральные ленты отдельных кусков музыки. Ранние работы Шредер сделали это, хотя эта мера используется, IACC, чувствительно к смешиванию непрерывной формы вместительности (CSI) и раннего пространственного впечатление (ESI). IACC также нечувствителен к пространственным свойствам звука ниже 300Гц, что является именно там, где CSI становится наиболее важным. Мы могли бы улучшить эту работу с более сложной моделью процесса слушания, и эксперименты в этой статье, направлены к этой цели. Однако в то же время у нас есть практические проблемы решить, комнаты для сравнения и улучшения. Нам нужна временная мера, которая говорит нам примерно то, что нам нужно знать, используя импульсную характеристику (собранный любым способом, мы можем) в качестве входных данных. Меры, предложенные ниже, должны рассматриваться в этом свете. Они не предназначены для работы в совершенстве, но они могут быть более полезными, чем другие простые меры.

Разбор между передним планом и фоном влияет на восприятие как простора и Реверберации. Мы изучали восприятие Реверберации в течение нескольких лет. (24-27). Мы разработали две меры для этого. Один из них, работает Реверберация (RR), соответствует данным в (18), которое было принято в условиях высокого прямого звука - условия, с которыми сталкиваются сольными музыкантами во время тренировки или на сцене. Другой, раннее время распада в 350 мс (EDT350), используются данные, где прямая энергия была низкой - подобные звуки слушались зрителей в концертном зале. Эти два случая сильно различается по легкости, с которой звук может быть разделен на передний план и в фоновом поток. Если реверберация высокая концы нот становится довольно трудно отличить, особенно, если нота удерживается долгое время. Как правило, в зале интеграл Schroeder импульсной характеристики в большинстве мест падает меньше, чем на 2 дБ, когда прямой звук прекращается, что указывает на конце длинной ноты не будет четко определен. Как примечание становится короче конец становится яснее, но в любом случае, мы часто не в состоянии определить точное время примечания закончилось. Это все еще возможно отделить передний план и фоновый поток - но время, необходимое от фактического конца примечание к максимальной чувствительности фона восприятие становится больше. Точно, сколько времени должно быть определено, но оно может быть существенным. (Это занимает 200 мс для звука тления дББа с временем реверберации 2 секунд) что указывает на конце длинной ноты не будет четко определен. Как примечание становится короче конец становится яснее, но в любом случае, мы часто не в состоянии определить точное время примечания закончилось. Это все еще возможно отделить передний план и фоновый поток - но время, необходимое от фактического конца примечание к максимальной чувствительности фона восприятие становится больше. Точно, сколько времени должно быть определено, но оно может быть существенным. (Это занимает 200 мс для звука тления дББа с временем реверберации 2 секунд) что указывает на конце длинной ноты не будет четко определен. Как примечание становится короче конец становится яснее, но в любом случае, мы часто не в состоянии определить точное время примечания закончилось. Это все еще возможно отделить передний план и фоновый поток - но время, необходимое от фактического конца примечание к

В (18) мы определим, что когда концы нот очень ясно - например, когда сольный музыкант слушает реверберацию своего инструмента на сцене - чувство собственной поддержки (Реверберация) даются энергией в то время, окна от 160 до 320ms, деленная на энергию прямого звука.

Там, где $P(t)$ является ответом импульс давления в зависимости от времени:

$$RR \approx \frac{RR_{160}}{10} * \frac{\int_{160\text{мсек}}^{320\text{мс}} P(t) dt}{\int_{0}^{160\text{мсек}} P(t) dt^2}$$

RR имеет непосредственное отношение к проектированию концертных пространств. Это помогает ответить на вопрос о том, как громко заднее отражение стены должно быть, чтобы обеспечить уверенность в поддержке. Он также предполагает, что многократные отражения могут дать столько же поддержку, как однократный отражение, и дают менее тревожное эхо. Мы обычно измеряют RR на фиксированном расстоянии - около 0,5М. Эта мера очень похожа на то, что Гэйд называет «поддержку», но мы предполагаем, что ранняя энергия не слышалась. (Время ингибирования 160мсек был также найден в работе по поддержке стадии С. Накамура, как сообщалось на 14-й BCA.) RR может быть улучшена за счет принимая во внимание направление отраженной энергии.

Для зрителей в зале концы нот гораздо менее ясно. В серии экспериментов пара согласующих мы обнаружили, что лучшей мерой для Реверберация в зале (где предполагается, что в конце реверберации, чтобы быть пространственно диффузное) задается на уровне интегральных приблизительно 350 мс после Шредера прямого звука. (26). Выразим этот уровень как раз в начале распада (EDT350)

RR и EDT350 очень аналогичные меры. Они отличаются двумя способами. RR предполагает, что сама поддержка возбуждается относительно коротких заметок. Хотя импульсный отклик используется непосредственно в расчет, он интегрирован в 160мсек блоков. На этот раз был выбран в качестве компромисса между быстрой музыкой и речью. Задержка до появления фона слышимости - также 160мски в этом случае, пришла из данных в (18). EDT350 использует интеграл Шредера в расчете, а не окно интегрированного импульсного отклика. Это, таким образом, измерения свойств банкетов, которые были проведены значительную часть времени реверберации. В 350 мс, используемые в EDT350 пришли непосредственно из сопоставления пары данных с оркестровой и камерной музыки. Время выбрано не без старшинства. Определение Иордании EDT предлагает использовать -10dB распада в нижней точке измерения, и это то же самое, как 330ms с 2 второй RT. Шредер предложил использовать 15дБ, которые были бы 500мс через 2 секунды RT, или 350 мс с 1.4S RT. Таким образом, наш лимит времени 350 мс аналогично тому, как EDT была измерена в течение многих лет. Отмечу также, мы определяем EDT только через две точки на Шредере интеграле - пик (громкость удерживаемой ноты) - и точку позже во время, представляющее громкость реверберирующей энергии. В настоящее время многие исследователи последовать совету Шредера и определить EDT по кривой, подобранной в начале интеграла Шредера. Эта процедура недооценивает важность переднего плана громкости, и не рекомендуется. Когда прямой звук высокой подгонка кривой не очень воспроизводимый, когда экспериментальные свойства, такие как частота дискретизации, и т.д. изменяются. Шредер предложил использовать 15дБ, которые были бы 500мс через 2 секунды RT, или 350 мс с 1.4S RT. Таким образом, наш лимит времени 350 мс аналогично тому, как EDT была измерена в течение многих лет. Отмечу также, мы определяем EDT только через две точки на Шредере интеграле - пик (громкость удерживаемой ноты) - и точку позже во время, представляющее громкость реверберирующей энергии. В настоящее время многие исследователи последовать совету Шредера и определить EDT по кривой, подобранной в начале интеграла Шредера. Эта процедура недооценивает важность переднего плана громкости, и не рекомендуется. Когда прямой звук высокой подгонка кривой не очень воспроизводимый, когда экспериментальные свойства, такие как частота дискретизации, и т.д. изменяются. Шредер предложил использовать 15дБ, которые были бы 500мс через 2 секунды RT, или 350 мс с 1.4S RT. Таким образом, наш лимит времени 350 мс аналогично тому, как EDT была измерена в течение многих лет. Отмечу также, мы определяем EDT только через

Как упоминалось ранее увеличенное время торможения в течение EDT350 RR может быть результатом трудностей в определении концы нот. Другой процесс, вероятно, также на работе. Непрерывная музыка маскирует свою собственную реверберация. (26) и (29) отчет о компьютерной программе, которая может определить частоту разрывов в музыке, где фоновый эффект может быть услышан. Программа обнаружила, что оркестровая музыка была очень чувствительна к отражающем уровень. Небольшое повышение уровня вызвало кратное увеличение 3 или 4 в реверберирующей слышимости. Увеличение времени реверберации и PreDelay увеличить вероятность того, что реверберация будет разоблачена, которая будет иметь тенденцию к увеличению оптимального времени в мере EDT над 160мсками для RR мы нашли.

Боковое раннее время распада - LEDT

Когда мера EDT350 была впервые предложена мы были под впечатлением, что к тому времени 350 мс прошло реверберация во всех залах была пространственно диффузным. С тех пор мы измерили несколько залов (оперных домов), где это не так. Мы предлагаем модификацию меры EDT350 учитывать пространственные свойства этих залов. Новая мера LEDT, боковое раннее время распада. Это бинауральная мера, рассчитанная из бинаурального импульсного отклика. Это зависит от уравнивающей междушумной разницы - OBP. OBP находится во временной области от бинаурального измерения путем вычитания левого и правых импульсных характеристик, а затем выравнивающего результата с частотой повышающим фильтром нижним 6 дБ на октаву, начиная с 400 Гц. Рисунок 8. OBP можно найти в частотной области с помощью чувствительного к фазе вычитания FFTs левых и правых импульсных характеристик, а затем умножение амплитуды от значений, показанных на рисунке 8, которая построена для 1/3 октавных полос. Этот расчет является простым и быстрым в измерительной системе на базе компьютера, и наша система включила его в течение нескольких лет. При этом выравнивании OBP ниже примерно 500Гц идентична реакцию восьмерки микрофона, но этот метод самокалибрующийся. Вы получаете как всенаправленный ответ и восьмерка ответ, правильно выравниваются и уравновешенный, с одной бинауральных измерения. (Два маленьких всенаправленные микрофоны также довольно недороги по сравнению с микрофоном скорости высокого качества.) Над 500Hz OBP следует истинному направленному ответ на голове лучше, чем восьмерка микрофона.

OBP является мерой размытости пространства в зависимости от времени. В диффузном концертном зале, такие как Boston Symphony Hall, если мы построим IAD для определенной октавной полосы на одном графике в виде суммы среднеквадратичной левых и правых каналов мы находим два распада перекрываются за исключением вблизи нулевого времени, где прямой звуковой доминирует кривые суммы, и отсутствуют разностные кривые.

Для того, чтобы найти LEDT вычислить интеграл Schroeder импульсного отклика в два раза, один раз на сумму среднеквадратичных два ушей, и один раз для IAD. EDT350 затем найден, но используя пик суммы интегрального и уровень интеграла IAD на 350 мс. В пространственно диффузного зале EDT350 и LEDT равны.

Если S (t) является интегралом Шредера из суммы квадратов двух сигналов микрофона и S (0) является вершиной S (T) и SD (350) представляет собой значение интеграла Schroeder частоты уравнены различие между этими двумя микрофонами в 350 мс, то:

$$LEDT_{350} = \frac{60 * 3 \text{ мкс} (S(0) - SD)}{(3) * 1000 \text{ мс} \text{ сек}}$$

40ms интегральные суммы импульсного отклика и OBP одного из диффузных, не являющихся залов показано на фигуре 9. В этом зале время реверберации сценического дома длиннее, чем время реверберации зала, а Реверберация в основном фронтальная. Когда импульсный отклик измеряется в незанятом зале с занавеской вниз позже энергия появляется диффузная, но значение LEDT остается низким из-за высокой прочности прямого звука и ранних отражений. Значения LEDT и EDT в незанятом зале представлены фигуры

10. По универсальному соглашению, зал звучит более сухой и менее обволакивающее, чем стандартные значения EDT и RT бы предсказать. LEDT лучше подходит к субъективному впечатлению.

Мы ожидали, что отсутствие пространственной диффузности на низких частотах будет также отображаться в измерении сделано с зазорным аккордом или даже с непрерывной музыкой в том же зале. На рисунке 11 показано такое измерение, сделанное в соответствии с занимаемых условиях. Обратите внимание, что OBP значительно ниже кривой суммы в любой момент времени, что свидетельствует о том, что бас фронтальная. Это измерение показывает, что общая диффузность низка, так как даже с источником звука в яме, и наличием аудитории спинки поглощения, очевидный источник звука фронтальный. IAD измеряет то, что мы слышим в музыкальной среде.

Бредли в (16) предлагает меру вместительность (LEV), который является весьма перспективным. Боковое усиление зала для LG [80ms-инф] - это отношение боковой энергии после того, как 80 мса, измеренного с фигурой восемь микрофона, деленной на общей энергии источник будет производить в свободном поле на 10 м. В зале с экспоненциальным затуханием LG следует несколько уменьшить с увеличением источника до приемника расстояния.

Если расстояние источник

D, и скорость звука C, величина уменьшения определяется по формуле: $60\text{dB} * D / (C * \text{RT})$. В диффузном ползучекоотражающемся зал это снижение будет небольшим, и LG будет практически не зависит от исходного расстояния. наш

данные показывают, эта мера может быть улучшена путем выбора более длительного времени, чем ингибирование 80 мс для боковой энергии. Другая небольшая критика в том, что цифра восемь микрофона не соответствует направленности чувствительности пространственного впечатления выше 500 Гц. Это может быть проще использовать ОВР вместо восьмерки микрофона. Результаты должны быть очень похожи, и это позволило бы прямое сравнение между этими двумя показателями.

LG измеряет относительную силу фона впечатление в разных залах, и должны сильно коррелировать с BSI. LG должны работать хорошо, если сравнить звук одного и того же оркестра в разных залах. LG является измерением коэффициента усиления зала - меньший зал (с громким звуком) будет звучать более просторным, если тот же оркестр играет так же, как в два залах. Тем не менее, небольшие оркестры часто играют в маленьких залах и большие оркестры играют в больших залах. Если сравнить два представления одинаковой общей громкости, мы могли бы найти простор в двух разных залах, чтобы быть таким же, даже если один был небольшим и имел высокую LG, а другой большой и имел низкую LG. LG не чувствителен к воздействию ранних отражений, которые появляются в целом уменьшить, а не повышение, вместительности. Однако главная трудность с LG представляет практический: измерения LG требует калиброванного источника. LEDT не зависит от мощности источника. Данные могут быть собраны в течение нескольких минут с двумя маленькими микрофонами, в DAT-рекордера и хлопков, воздушные шары, или небольшой громкоговоритель. Если объем зала можно оценить коэффициент усиления зала может быть рассчитано из PTA, а боковые усиления могут быть оценены из разности между LEDT и EDT. Когда позиция измерения находится в пределах радиуса реверберации LEDT будет уменьшаться по мере приближения к источнику. На больших расстояниях в зале с экспоненциальным LEDT распада будет зависеть от расстояния. Сильные ранние отражения уменьшит значение LEDT. Для настоящего, если это возможно, кажется, разумно рассчитать как LG и LEDT, и посмотреть, как они работают на практике. Данные могут быть собраны в течение нескольких минут с двумя маленькими микрофонами, в DAT-рекордера и хлопков, воздушные шары, или небольшой громкоговоритель. Если объем зала можно оценить коэффициент усиления зала может быть рассчитано из PTA, а боковые усиления могут быть оценены из разности между LEDT и EDT. Когда позиция измерения находится в пределах радиуса реверберации LEDT будет уменьшаться по мере приближения к источнику. На больших расстояниях в зале с экспоненциальным LEDT распада будет зависеть от расстояния. Сильные ранние отражения уменьшит значение LEDT. Для настоящего, если это возможно, кажется, разумно рассчитать как LG и LEDT, и посмотреть, как они работают на практике. Данные могут быть собраны в течение нескольких минут с двумя маленькими микрофонами, в DAT-рекордера и хлопков, воздушные шары, или небольшой громкоговоритель. Если

Последствия для мест работы музыки

Как всегда, оптимизация вместительности в пространстве производительности в решающей степени зависит от типа работы. Для речи, вместительность может быть достаточно высокой с низкими значениями LEDT. Однако, так как разборчивость и вместительность зависят от совершенно разных периодов времени в импульсной характеристике можно иметь зал, где есть как высокая прозрачность и высокая вместительность в то же самое время. Разборчивость и локализация зависит от того, как зал деградирует наша способность обнаруживать начало фонов и примечания. Вместительность и Реверберация зависят от того, как зал влияет концы нот и фоном - и энергия прибывающей после 160мсек имеет первостепенное значение. Для достижения высокой четкости, вместительности, и Реверберация в то же время мы должны максимально позднюю энергию, сохраняя при этом в 50 до 160мсек области, которая будет маскировать концы нот или быть услышанной как отдельные события ранней энергии, свободными от ударов. В идеале энергия в этом диапазоне должна быть равномерной и не слишком высоко.

Разборчивость и ясность являются свойствами, главным образом связанные с частотами выше 500 Гц. Для этих частот представляется очевидным, что вместительность (BSI) и Реверберация зависит позже уровень реверберации, а не на ранних отражений. Сильные ранние отражения могут повысить разборчивость, но в этих экспериментах мы обнаружили, что, заполняя промежутки между нотами ранних отражений могут увеличить маскирование музыки и уменьшить вместительность. Таким образом, чтобы быть полезным ранние отражения должны прибыть своевременно, и отражения в диапазоне от 50 до 120 мс время должно быть хорошо диффундирует во времени, а не высокого уровня. Увеличение ранних боковых отражений за счет более поздней Реверберации неразумно, если разборчивость уже достаточно высока, что концы нот средней длины уже обнаружены.

Частота и уровень зависимости вместительности

В нашем опыте значение LEDT при низких частотах (500 Гц и ниже) является особенно важным для воспринимаемого пространства и окружения, в результате также найдено Моримото (35). В другом оперных мы установили систему для повышения Реверберации. Мы обнаружили, что эффект был оптимальным (для оперы Вагнера), когда ползувукотражающийся уровень был выше 6дБ ниже, чем выше 500 Гц. Смотрите рисунок 12. Такой кривая дала значительно улучшить вместительность на оркестр без изменения отличной разборчивости зала для певцов. Это увеличивает LEDT на низких частотах, по существу, по значениям в зале без посторонней помощи. Время

и ограничение оборудования позволило нам достичь оптимальной пространственной диффузности звука низкой частоты в этом эксперименте в качестве сюжета LEDT и EDT в незанятой зале ясно показывает. Для этого измерения система была установлена на балет, так что полузвукоотражающий уровень является более постоянной с частотой и время реверберации выше. Рисунок 13. LEDT был очень полезным при анализе результатов этого эксперимента, а также в разработке системы, которая будет постоянно установлена (34).

Музыка содержит, по меньшей мере, половину своей энергии ниже 500Гц. Рисунок 14. Мы утверждаем, что вместительность и Реверберация имеет большое значение для этих частот. В самом деле, многие любят залы, которые воспринимались бы как сухой продукт на основе их среднего времени частота реверберации довольно приятно, потому что LEDT низкая частота высока. (Музыка будка Тангвуд является хорошим примером.) Обратное также верно. Низкочастотные инструменты, как правило, имеют длинные затухания ноты - например, струнный бас, бас-барабан, и чайник барабан. Это делает разделение звука на передний план и в фоновом поток трудно, и делает это в значительной степени не имеет значение, что время реверберации в зале. Однако BSI не является единственным механизмом для простора. CSI также работает, когда полная энергия ушей слушателя пространственно диффузная. В концертном зале прямой звук часто сильно ослаблены спинки поглощения. Оставшийся звук - если это не совсем с потолка и задней стенки - это, вероятно, будет диффузная. Таким образом, до тех пор, пока энергия низкой частоты достаточно сильна, достаточно боковая, и задержка $\gg 55\text{ms}$ низкие частоты могут быть достаточно обволакивающими и просторными. Ранние боковые отражения - которые имеют тенденцию к увеличению диффузности за счет позже реверберирующего уровня - могут быть эффективными при низких частотах, а не на высоких частотах. Но опять-таки есть осложнение. Для получения объемности и не ASW энергии низкой частоты должна иметь достаточную задержку. Это может быть трудно достичь с первым отражением порядка. Так как низкая частота громкость коррелирует с RT и EDT,

BSI на все частоты, зависит от двух свойств источника звука - его абсолютного уровня и степени, в которой он скрывает свои собственные реверберации. Когда музыка густо организовал и играл легато BSI сильно замаскирован. В этом случае вместительности представляет собой сочетание CSI (большую часть времени) и BSI в относительно небольшом числе пробелов, где он может быть услышан. Когда это происходит, вместительность может быть более независимой от уровня шума, чем для более прозрачной музыки. Где BSI легко услышать пространственное впечатление пропорциональна громкости источника. Это может объяснить, почему зал с высоким реверберирующим уровнем (например, Венская Grossetmusikvereinsalle или Цюрих Tonhalle) является эффективным с музыкой, как Моцарт, но может стать подавляющим громче музыкой. В идеале мы хотели бы, чтобы уровень реверберации зависит от общей громкости - решение, которое становится возможным с электронным акустическим увеличением. Эта идея была судимая в (34) с хорошими результатами.

Выводы

ширина источника увеличивается, когда боковые отражения прибывают во время нарастания времени звуковых событий. Когда время подъема НЕЗАГРЯЗНЕННЫЕ отражений изображение резкое. Когда отраженная энергия поступает в 50мс конца звукового события создается пространственное впечатление маленькой комнаты. Это впечатление не просторно. Вместительность и обволакивание возникают, когда пространственно диффузное отражение энергии, которая составляет по меньшей мере 50 мс с задержкой поступает либо во время нот или в промежутках между событиями. Вместительность и обволакивание возникают из двух пространственных впечатлений, один в зависимости от разделения входящего звука на передний план и фон, а другие в зависимости от общей пространственной диффузности звука. Когда на первый план состоит из ряда связанных событий с ясными окончаниями, такие как заметки или фонем, пространственное впечатление, связанное с фоном впечатление (The Реверберация) является доминирующим. В этих условиях это в первую очередь поздно (больше чем 160 мс с задержкой) отраженной энергии, которая определяет воспринимаемую вместительность и простор зависит от громкости источника. Раннее боковые отражения увеличения громкости и кажущейся длина foreground событий, но могут уменьшить объемность. С оркестровой музыкой громкость фонового впечатления и простор определяются как реверберирующий уровнем и степень музыкальной маскировании. Боковой Early Decay Time (LEDT) и боковые усиления (LG) предлагается в качестве полезных мер по вместительности и Реверберации. В этих условиях это в первую очередь поздно (больше чем 160 мс с задержкой) отраженной энергии, которая определяет воспринимаемую вместительность и простор зависит от громкости источника. Раннее боковые отражения увеличения громкости и кажущейся длина foreground событий, но могут уменьшить объемность. С оркестровой музыкой громкость фонового впечатления и простор определяются как реверберирующий уровнем и степень музыкальной маскировании. Боковой Early Decay Time (LEDT) и боковые усиления (LG) предлагается в качестве полезных мер по вместительности и Реверберации. В этих условиях это в первую очередь поздно (больше чем 160 мс с задержкой) отраженной энергии, которая определяет воспринимаемую вместительность и простор зависит от громкости источника. Раннее боковые отра

Ссылки и библиография

1. Ando, Y и Синг, ПК и Курихар, Ю. «Субъективная диффузность звукового поля в зависимости от горизонтального угла отражения на слушатель» - препринт, полученный автор от доктора Ando
2. Ю. Андо и Y. Курихар «Нелинейный отклик в оценке субъективной диффузности звука Поля», J. Acoust. Soc. Am. 80 (3), сентябрь 1986 С. 833-836
3. М. Вагон «Пространственное Impression в связи с досрочным Боковые Отражения в концертных залах: деривационного из физической меры» Дж звука и вибрации (1981) 77 (2), 211, 232
4. Л. Beranek "музыка, акустика и архитектуры" John Wiley, 1962
5. Л. Beranek "Концертный зал Акустика - 1992" J. Acoust. Soc. Am., Том 92, 1. № 1, июль 1992
6. Л. Beranek «Концерт оперы и залы, как они звучат» акустическое общество Америки, 1996
7. J. Blauert "Zur Tragheit dez Richtungshorens Bei Laufzeit- унд Intensitatsstereophonie" Acústica 23 p287-293 (1970)
8. J. Blauert «О Лаг латерализации причиненной интераурального времени и интенсивность различие» Аудиологии 11: 265-270 (1972)
9. J. Blauert "Raumliches Хорен" С. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1974
10. J. Blauert "Пространственная Слух" MIT Press, Cambridge, MA 1983
11. JS Bradley «Современные подходы к оценке аудитории акустики» Proc. восьмое AES Конференция Wash. DC мая 1990 С. 59-69
12. JS Bradley «Современные подходы к оценке Auditorium Acoustics» Трудах Сабина конференции, MIT июня 1994 года, имеющийся в наличии Акустического общества Америки, 500 Саннисайд Blvd. Woodbury, NY 11797
13. JS Bradley и Г. А. Soulodre «простор суждение бинаурально воспроизведено звуковые полей» Там же, р 1-13
14. JS Bradley «Сравнение IACC и LF Измерение в залах» 125-м заседание из Акустического Общества Америки, Оттава, Канада, май 1993 года
15. JS Bradley «Пилотное исследование моделируемых вместительности» Встреча Акустического Общества Америка, май 1993
16. JS Bradley, 'Объективные показатели прослушателя Обертывание' GA Souloudre J. Акуст Soc. Am. 98, 2590-2597 (1995)
17. JS Bradley, Г.А. Souloudre «Слушатель Обертывание: неотъемлемая часть хорошего концертного зала акустика JASA 99 (1) Ян 1996, стр 22
18. Труды В. Гарднер и Д. Гринингер «согласующего Reverberation Уровень экспериментов» из Сабина конференции, MIT июня 1994 P263
19. «Субъективная оценка пространственного впечатления: значение латерализации» MA Gold там. p97
20. Д. Гринингер «Меры по пространственному Impression и Реверберации на основе физиологии Человеческий слух» Труды 11-й Международной конференции AES мая 1992 P114 - 145
21. Д. Гринингер «IALF - Бинауральные меры пространственного Impression и запуск Реверберация» представленный на 92-й Конвенции о AES марта 1992 Препринт # 3292
22. Д. Гринингер «Impression номер, Реверберация, и тепло в помещениях и залах» Представленные на 93-Audio Eng. Soc. конвенции в Сан-Франциско, ноябрь 1992 года AES препринт # 3383
23. «Прогресс в электронном виде переменной акустике» Д. Гринингер Труды конференции Сабина, MIT июня 1994.
24. Д. Гринингер «Субъективная громкость бегущей реверберации в залах и этапах» Труды Сабина конференции, MIT июня 1994 P89
25. Д. Гринингер «Количественную оценку музыкальной акустики через Слышимость» Лекцию Кнудсен Мемориал, Денвер ASA встреча, 1993. Копии можно получить у автора
26. Д. Гринингер «Дальнейшее расследование громкости работает реверберацию» Труды Институт Acoustics (Великобритания) конференции, февраль 10-12 1995.
27. Д. Гринингер «Как громко моя реверберация» Audio Engineering Conference, Париж, март 1995. Препринт # 3943
28. Конструкция и характеристики многоканального времени повышения вариант реверберации D. Гринингер» Труды систем активного 95 конференции, Ньюпорт-Бич Калифорния, июнь 1995
29. «Оптимальный уровень ползвукотражающейся в залах» Д. Гринингер работе Международного конгресса по Акустика, Трондхейм, Норвегия июнь 1995

30. Т. Хидака, Л. Beranek, Interaural взаимной корреляции Т. Окапо»(МАГ), боковая часть (НЧ), и уровень звуковой энергии (G), как частичные меры акустического качества в концертных залах. J. Acoust. Soc. Am. 98, 988-1007 июня 1995
31. В JP Jullien, Е. Каль, С. Винсберг, О. Warusfel «Некоторые результаты на объективную характеристику Комнаты Акустического качества в лабораторных и реальных условиях»Proc. Inst. Акустики Vol. 14 часть 2 (1992). представленной в Институте Акустики конференции в Бирмингеме, Англия, май 1992
32. Е. Kahle «Validation d'ООН Modele Objectif-де-ла-де-ла восприятие Qualite Acoustique данс ООН ensembel de Salles-де-концерты и d'опер Докторская диссертация, IRCAM июня 1995
33. В. Дев. Keet «Влияние раннего латеральных Размышления о пространственной Impression» 6-я Международный конгресс по акустике, Токио, Япония, 21-28 августа 1968 г. с E53 на E56
34. А. Kreiger «Nachhallzeitverlangerung в Немецкой опере в Берлине» Tonmeister Informationen (TMI) Хефт 3/4 марта апреля 1996.
35. М. Моримото, З. Маекав «Влияние низких частот компонентов на Слуховых простора» Acústica том 66 (1988), стр 190-196
36. М. Моримото, С. Поссельт «Вклад реверберации Слухового простора в Concert Залы»J. Acoust. Soc. Jpn (E) 10, 2 (1989)
37. М. Моримото, «Слуховая Вместительность и обволакивание» З. Маекав 13 МКИ, Югославия 1989
38. М. Моримото «Соотношение между пространственной и кросс-корреляция мер» 15 МКА Норвегии 1995
39. П. Шуберт «Die Wahrnehmbarkeit фон Einzelruckwürfen Bei Musik», кандидатская диссертация, ТОТ Дрезден 1967
40. MR Schroeder, Gottlieb Д. и Siebrasse KF, «Сравнительное исследование европейских концертных залов: Соотношение субъективного предпочтения с геометрическими и акустическими параметрами»Дж Acoust. Soc. Am. 56, 1195ff (1974)
41. В. Хартман «Локализация источника звука в комнате» Труды 8-й международный конференция Audio Engineering Society, May 3-6 1990
42. TJ Schultz, «Акустика концертного зала» IEEE Spectrum (июнь 1965), стр 60-62
43. D. Гринингер «Простор и Обертывание в пространствах производительности», представленных Acta Acustika, Май 1996

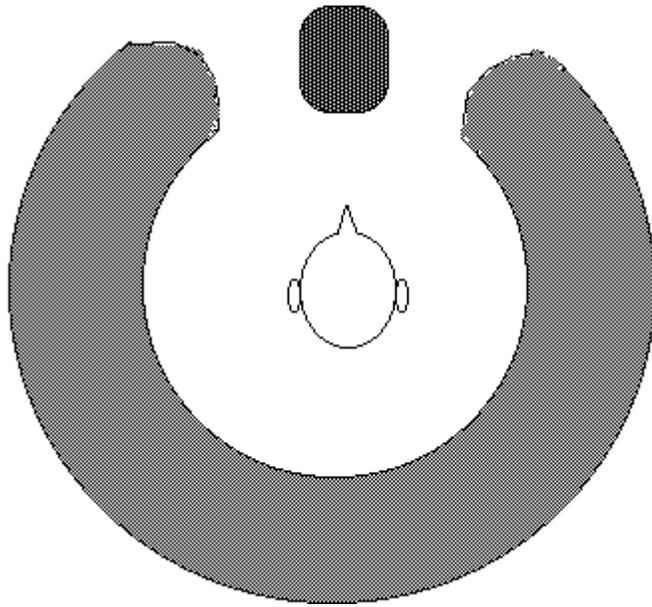


Рисунок 1а: Фон пространственное впечатление (BSI) - пространственное впечатление от пульсирующего источника с четкими окончаний событий, где диффузное отражение энергии > 55ms задержкой. Этот звук, как услышал, как отдельное восприятие из нот, которые создают его. Это восприятие связано с общим смыслом просторные и вместительности. Это происходит в малонаселенном спланированной музыке и сильно сольной музыке, которая играет MARCATO или *detache*. Сила впечатления зависит от силы отраженной энергии, а не от отношения к прямому отраженной энергии.

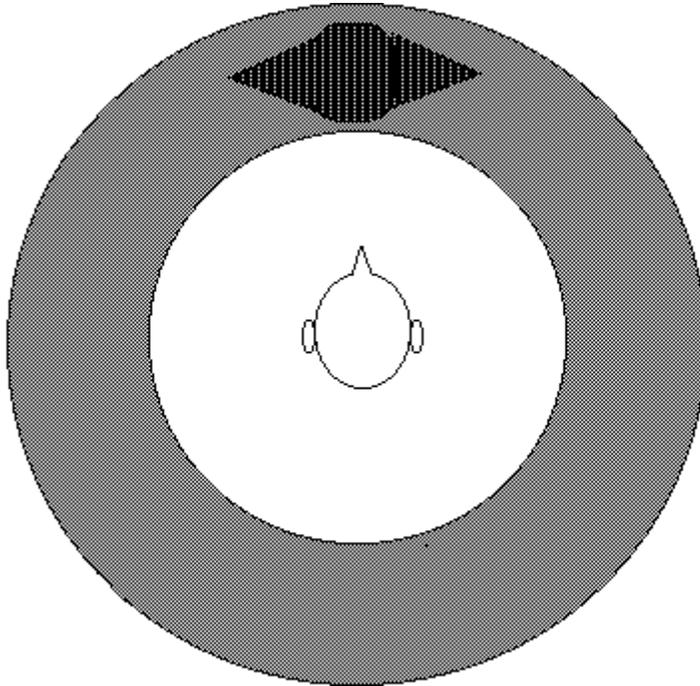


Рисунок 1b: Непрерывное пространственное впечатление (ИКА) - пространственное впечатление, связанное с непрерывным источником или источником с нечеткими концами событий. В то время как звук появляется все вокруг слушателя, это не воспринимается как отдельный объект или впечатление. CSI слышен в густо спланированной музыке и когда солист играет легато. Несмотря на то, очень похож на BSI, CSI субъективно от 4 до 6 дБ слабее, чем BSI, если диффузное отражение не энергия равна или больше, чем прямой звук. В этих условиях BSI и CSI трудно отличить. CSI может быть просторным, когда BSI отсутствует или замаскированы. Задержки $> 55\text{ms}$ также необходимы для CSI с любым пульсирующим или музыкальным источником. CSI - по крайней мере, с шумом в качестве источника, не зависит от источника громкости, пока уровень ползучеотражающегося значительно выше порога слышимости.

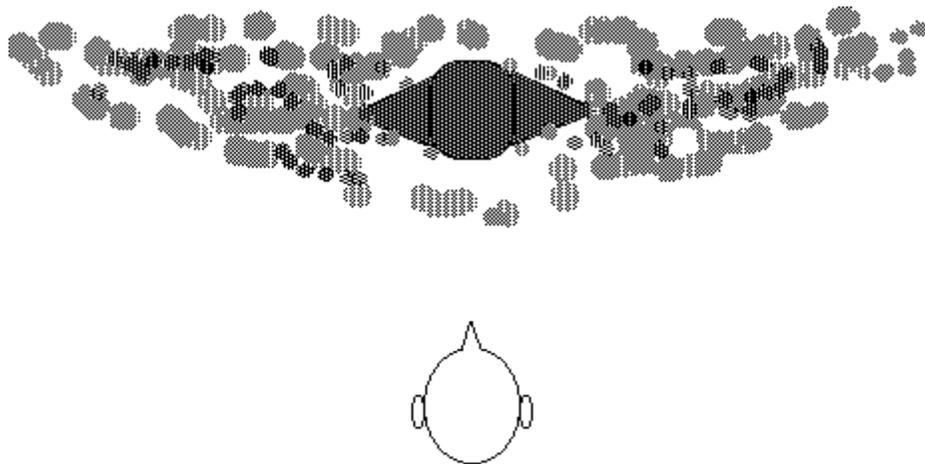
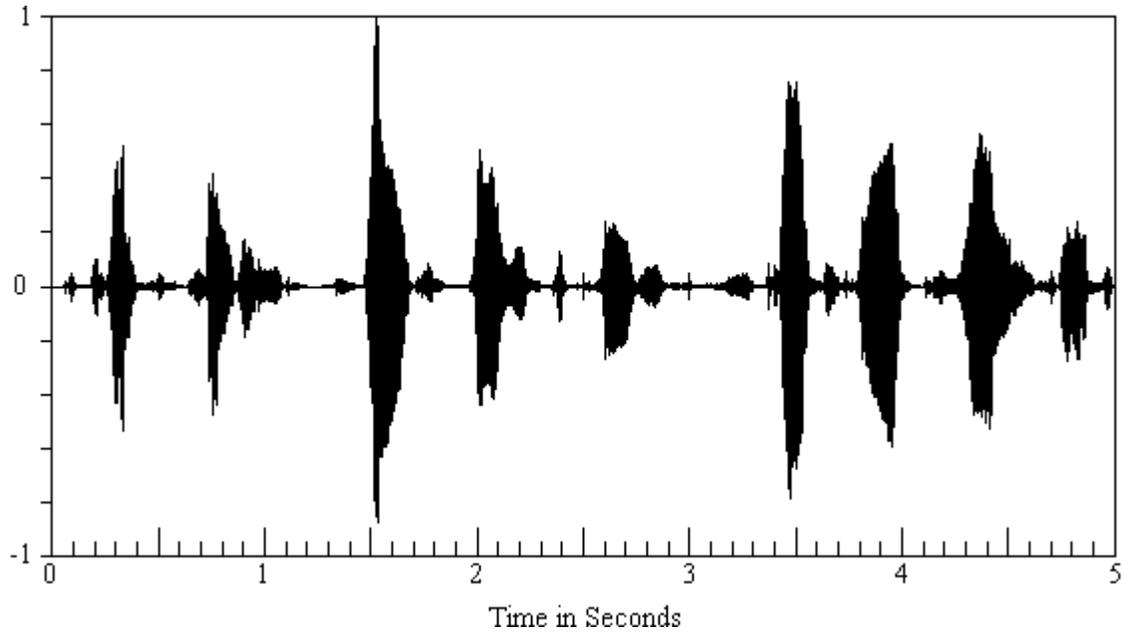


Рисунок 1с: Раннее пространственное впечатление (ESI): - пространственное впечатление от источника, который включает в себя дискретные события, вытекающая из отражений, прибывающих до 50 мс. Пространственное впечатление, прежде всего, фронтальная. Это пространственное впечатление маленькой комнаты. ESI не просторен и обволакивающий. В больших комнатах ESI и BSI по отдельности ощутима. ESI зависит от соотношения прямой и отраженной энергии, и, таким образом, не зависит от исходной громкости. В зависимости от остроты начал событий, диффузная энергия в 2мсе до 50мса диапазона также будет увеличиваться ASW. Это особенно верно с источниками легато, такие как романтические строки.



На рисунке 2: 1 кГц в октавных полосах частот фильтруется речи. («Курс называется ...») Обратите внимание на быстрое время нарастания большинства фонем и четкие промежутки между фонемами. Боковое отражение во время нарастания может расширить изображение. Размышления, прибывающие после этого не делают. Боковые отражения в промежутках между фонем просторны, если задержка > 50 мс.

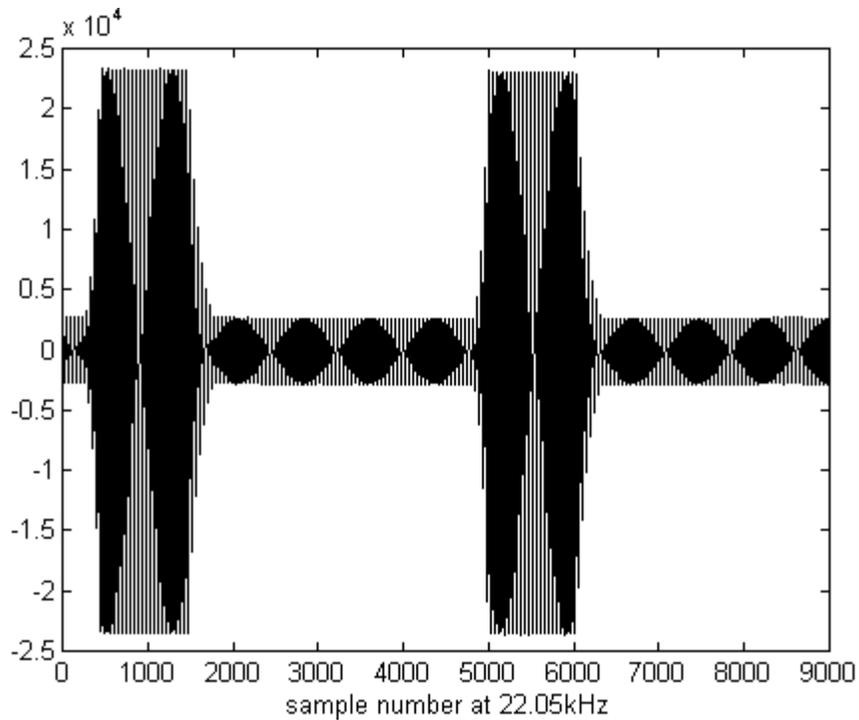


Рисунок 3: 500 Гц тон с 18dB модуляции, 2 дБ / мс время нарастания, 1dB / мс время спада. Эта форма волна, когда в сочетании с боковыми отражениями производит резкие звуковые изображения и высокую объемность (когда некоторые из отражений > 50ms отсроченные.)

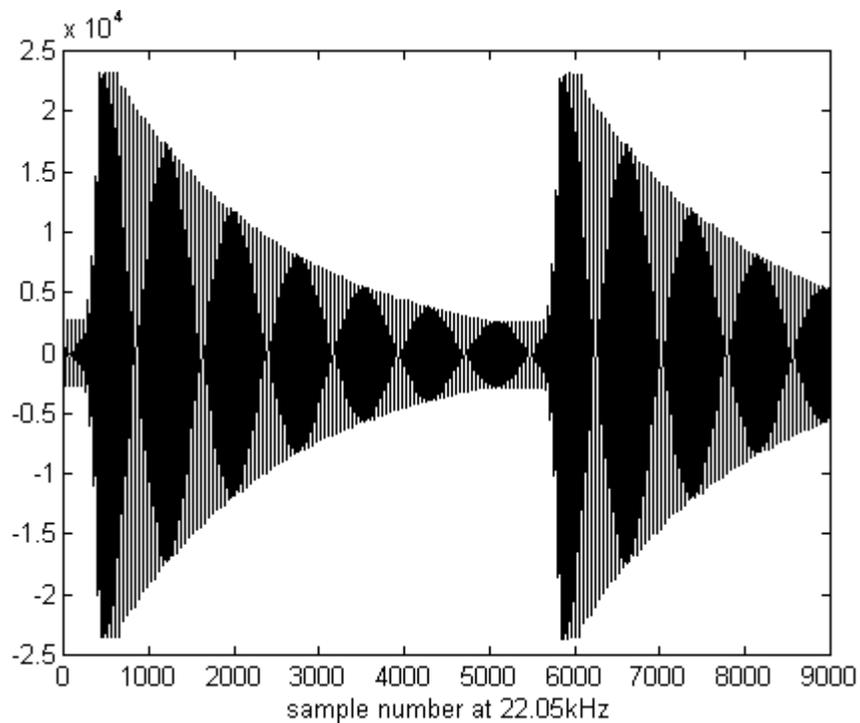


Рисунок 4: Форма сигнала аналогичной громкости как показано на рисунке 3, но с медленным временем падения из 0.06dB / мс (1сек RT) Этот сигнал также производит резкие изображения, но вместительность слабее, чем с цифрой 3.

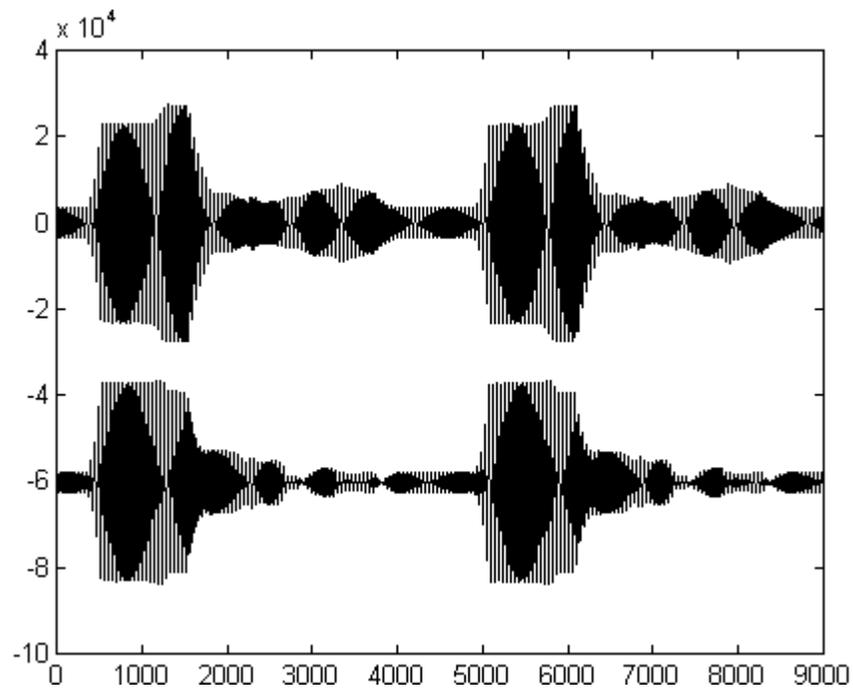


Рисунок 5: модуляция фигуры 3 с отражениями, некоторые из которых являются > 50мс. Обратите внимание на большое изменение в IID в пространстве между нотами.

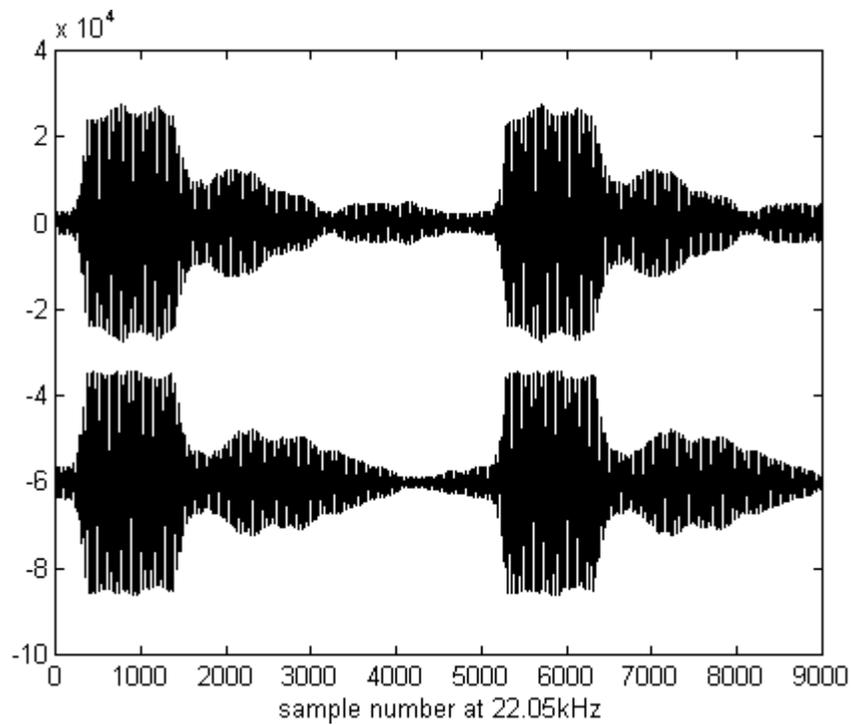


Рисунок 6: Левый и правый сигналы для эксперимента ингибирования. 0.5s RT, нет ранних отражений. Звук весьма просторно. Обратите внимание на большие различия IID в пространстве между нотами.

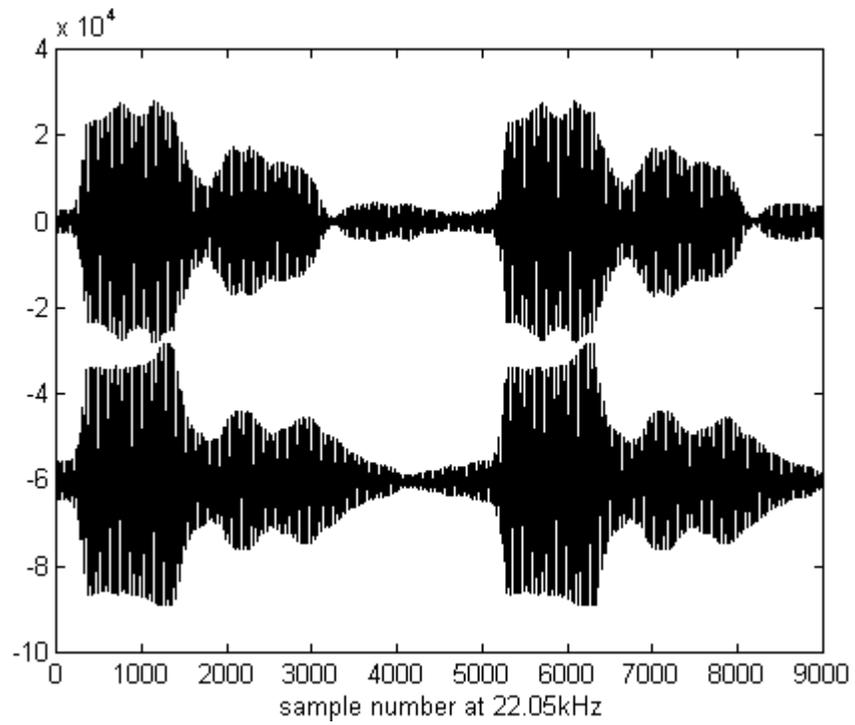


Рисунок 7: Тот же форма сигнал, как на фиг.6, но с ранними отражениями. Звук менее просторный. Отражения достаточно сильны, чтобы препятствовать обнаружению конца записи. Слуховое длительность ноты увеличивается на отражениях, а кажущаяся реверберации и вместительность уменьшаются.

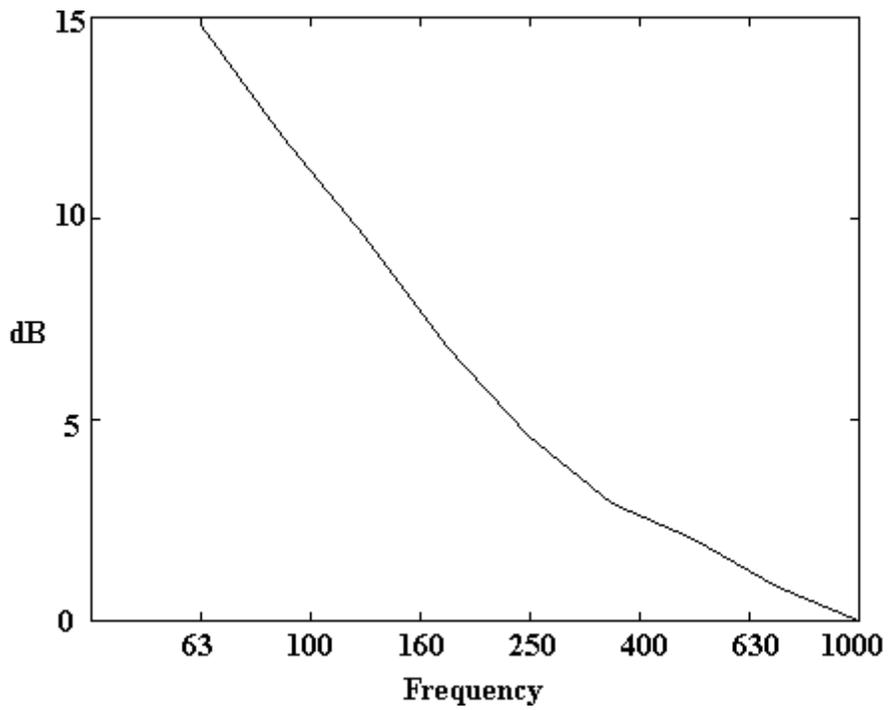


Рисунок 8: эквалайзер отклик для расчета IAD - график 1/3 октавных полос

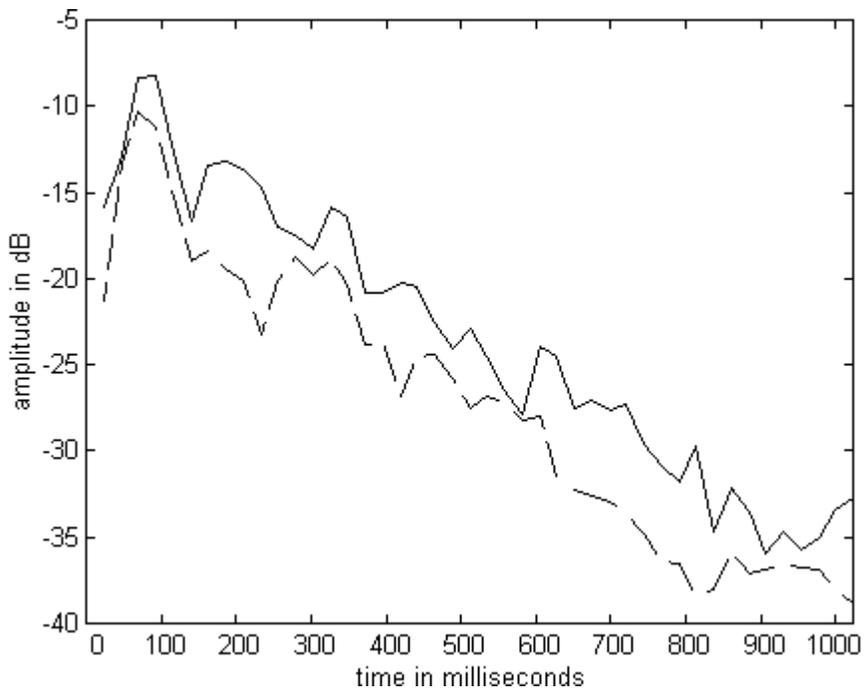


Рисунок 9: среднеквадратичное значение суммы и IAD для бинаурального импульсного отклика оперного театра. Источник на сцене, микрофон в центре киосков. 500Hz октавных полосах частот

___ = среднеквадратичная сумма левого и правого уха ___ = IAD

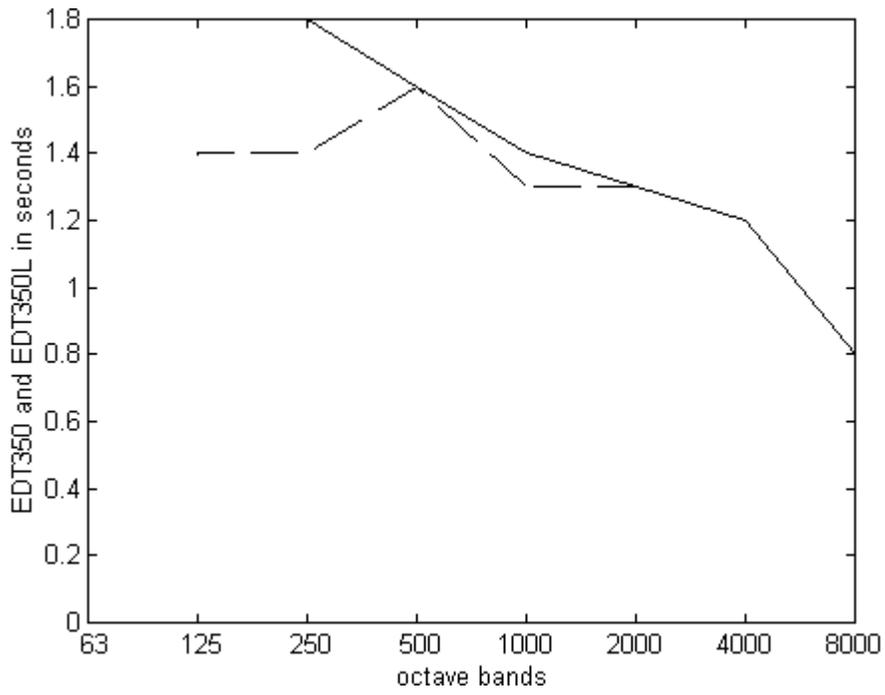


figure10: EDT и LEDT значение в оперном рисунке 9, незанятые

— = EDT ---
 = LEDT

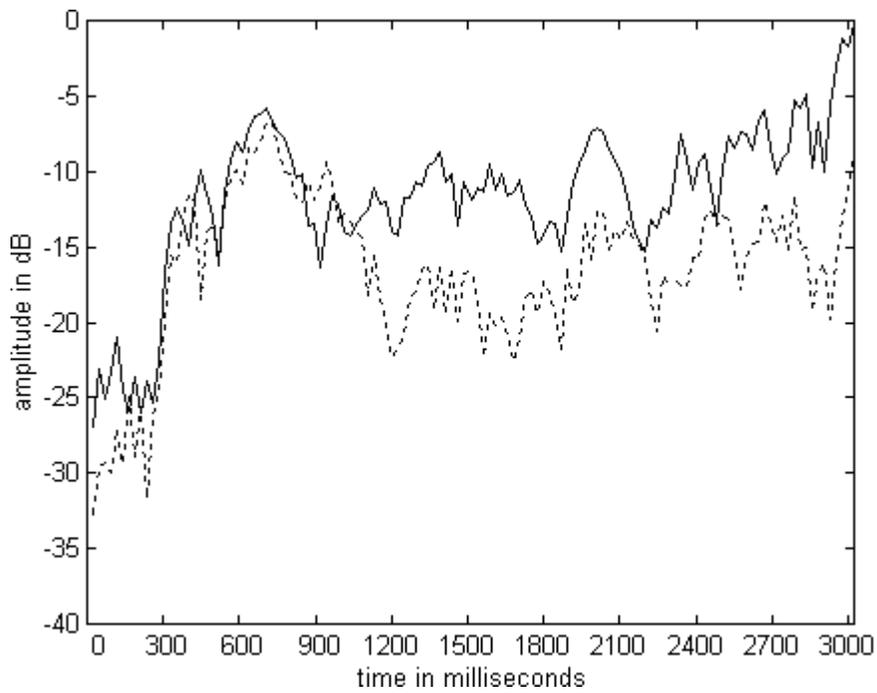


Рисунок 11: ____ Medial и --- боковая (OBP) звуковая энергия в оперном доме рисунка 9, от музыкального сегмента записываются бинаурально в середине киосков. 125Hz октавных полосах частот

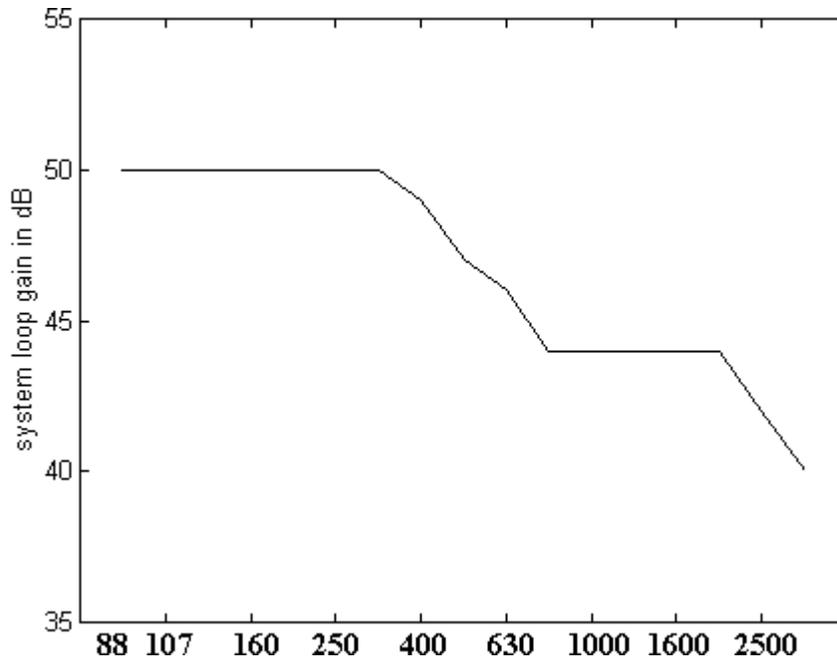


Рисунок 12: коэффициент усиления контура системы усиления, установленной в оперном доме, строили графики зависимости 1/3 октавы диапазона. Обратите внимание, что увеличение коэффициента усиления контура ниже 500 Гц. Калибровка вертикальной шкалы является произвольной.

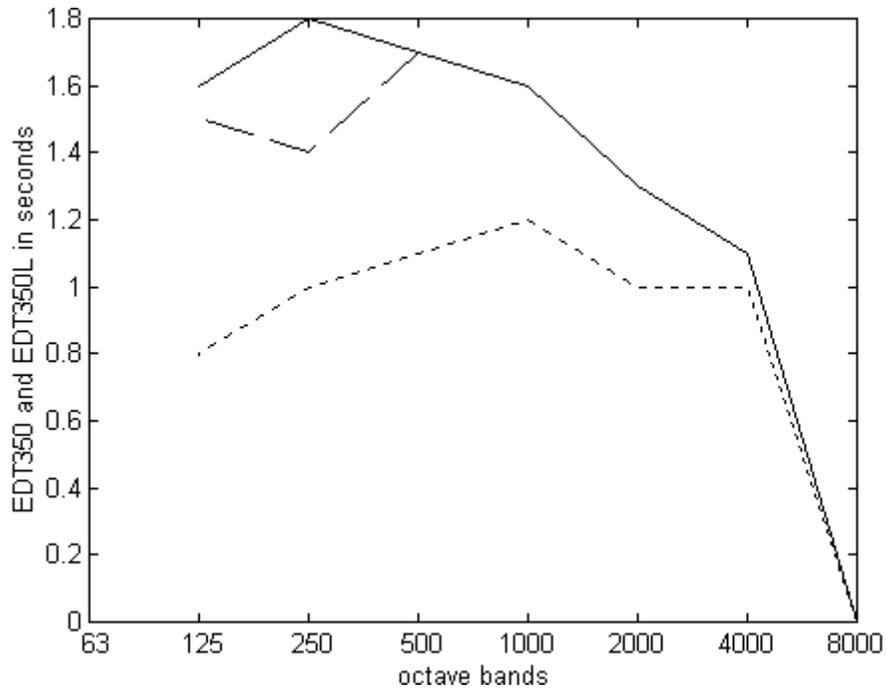


Рисунок 13: LEDT и значение EDT в оперных фигурах 12, но с увеличением на плоской петле. Настройка системы для балета.

— EDT, система на —

- - - LEDT, системы на

· · · LEDT, система выключения

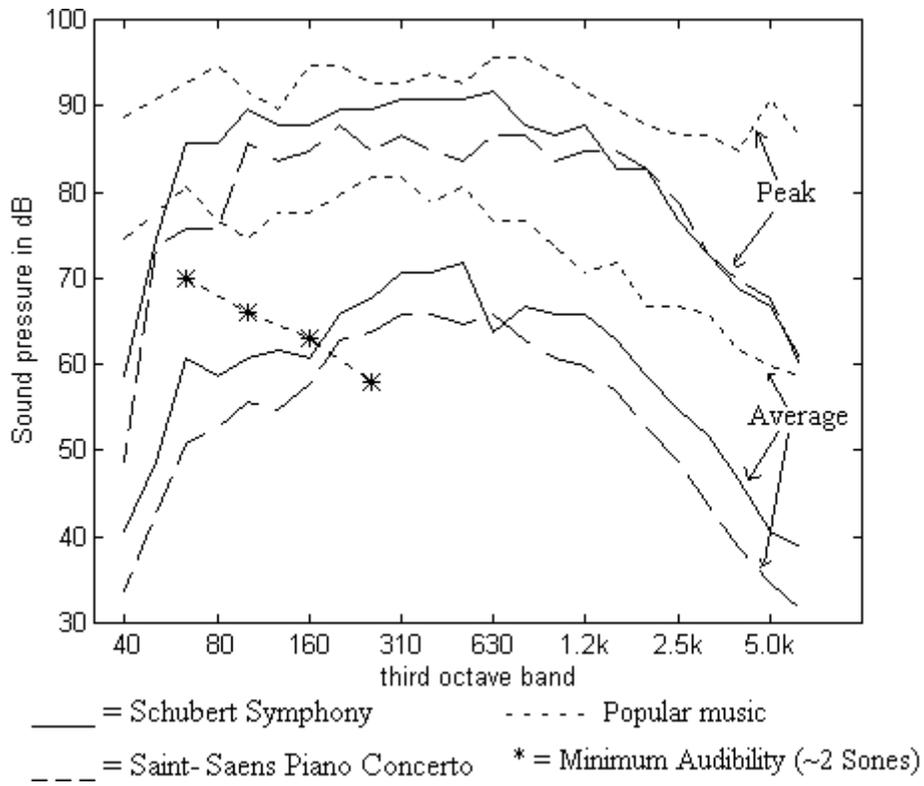


Рисунок 14: Пиковый уровень и средний уровень для трех различных типов музыки, построенный с 2 сон кривым в равной громкости. 2 Sones не порог, а уровень, ниже которого материал на данной частоте, вероятно, будет проигнорирован.