



Audiophile's Software

digital audio encoding and playback

Логин: Пароль:

☒ запомнить ☐ скрытый

[Забыл пароль](#) | [Регистрация \(убрать всю рекламу\)](#)

[О сайте](#) | [Ликбез](#) | [Словарь](#) | [Слуховой тест](#) | [Audiophile's Testroom](#) | [Поддержать](#) | [Контакты](#)

Разделы

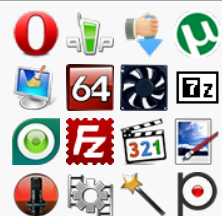
- » Главная
- » Новости
- » Софт
- » Статьи
- » Видео
- » Блог
- » Форум

Поиск по сайту

Популярное

- » [foobar2000 + плагины](#)
- » [Настройка звука](#)
- » [Драйвера Creative X-Fi](#)
- » [foobar2000 by Audiophile](#)
- » [Кодеры и утилиты](#)
- » [Настройка конвертера](#)
- » [Audiophile's Software](#)
- » [LAME + настройка](#)
- » [Драйвера SB Audigy](#)
- » [Настройка видео](#)

Полезный софт



Случайный опрос

С помощью чего Вы предпочитаете воспроизводить музыку на компьютере?

- ☐ Наушники
- ☐ Акустическая система 2.0 (Stereo)
- ☐ 2.1 (Stereo + Subwoofer)
- ☐ 4.0 (Quadro)
- ☐ 4.1
- ☐ 5.1
- ☐ 7.1
- ☐ Mono
- ☐ Нестандартная конфигурация

[[Результаты](#) * [Все опросы](#)]

Всего ответов: **2649**

Похожие проекты

- [digitalaudio.me](#)
- [AudioCoding.ru](#)
- [foobar2000.at.ua](#)
- [plastinka.org](#)
- [Cornerstone.ucoz.ru](#)
- [iLAB.me](#)

Follow me



Сейчас на сайте

Онлайн всего: **16**
Гостей: **13**
Пользователей: **3**
[ostwind](#), [ninnorio](#), [kiavan92](#)

[Главная](#) » [Статьи](#) » [Теория](#)

HRTF (передаточная функция головы)

02 Сентября 2014, 21:05

HRTF расшифровывается как head-related transfer function (передаточная функция головы) и представляет собой характеристику, отражающую то, каким образом уши воспринимают звук, исходящий из определенной точки пространства. Пара таких функций может быть использована для синтеза бинауральных звуков, при прослушивании которых будет локализовываться виртуальный источник. Фактически это передаточная функция, описывающее влияние на звук его прохождения пути до уха (главным образом, до места начала слухового канала). Благодаря HRTF некоторые мультимедийные системы обладают возможностью воспроизведения объемного звука с помощью стерео динамиков. Также различные формы HRTF-обработки включены в компьютерное ПО — для эмуляции многоканального звучания с помощью стерео.

У человека всего два уха, однако он способен локализовать источники звука в трёх измерениях — определять расстояние, направление выше/ниже, расположение спереди/сзади, так же, как и правее/левее. Это возможно благодаря работе мозга и пары внутренних и внешних ушей, совместно определяющих местонахождение источника. Данная возможность (локализовать источники в пространстве), вероятно, развивалась в процессе эволюции по мере необходимости, так как глаза могут видеть лишь часть окружающего мира, и кроме того зрение бесполезно в темноте, в то время как возможность локализовать звуки с той или иной точностью работает во всех направлениях и вне зависимости от освещения.

Человек определяет местоположение источника, оценивая характер звучания — его частотную характеристику (т. н. моноуральная кривая) —, а также сравнивая характеристики, полученные для каждого уха (разностная или бинауральная кривая). В разностную кривую включены временные различия, т. е. разница между временем поступления звука к одному и другому уху, а также различия по уровню (интенсивности) звучания. Моноуральные кривые являются результатом взаимодействия источника звука с анатомическими особенностями человека, в результате чего перед тем, как он достигнет ушного канала и будет обработан слуховым аппаратом, исходный звук модифицируется. Именно в характере этих изменений и закодировано местоположение источника — они могут быть описаны **импульсной характеристикой**, соответствующей конкретному взаимному расположению источника и уха. Такая импульсная характеристика имеет название «импульсная характеристика для головы» (head-related impulse response, HRIR). Математическая **свёртка** произвольного звука и HRIR даёт звучание, воспринимаемое слушателем, как если бы он находился относительно источника там же, где и приёмник сигнала (микрофон, которым был записан звук). HRIR используется для организации виртуального звукового окружения.

Функция HRTF является преобразованием Фурье кривой HRIR. Также HRTF иногда называют анатомической передаточной функцией (ATF).

HRTF для правого и левого уха описывают фильтрацию исходного звука $x(t)$ перед тем, как он будет воспринят правым и левым ухом как $x_R(t)$ и $x_L(t)$, соответственно (см. рисунок).

HRTF также может включать все изменения, которые претерпевает звук на пути от источника до барабанной перепонки. Эти функции учитывают форму внешнего уха слушателя, его головы и тела, акустические характеристики пространства, в котором воспроизводится звук, и т. д. Все эти факторы влияют на то, насколько точно слушатель сможет определить направление, в котором находится источник.

Как работает HRTF

Механизм работы для каждого отдельного человека несколько отличается — по причине различной формы головы и ушей.

HRTF описывает, каким образом некоторая входная звуковая волна (задаваемая частотой и координатами источника) фильтруется дифракционными и отражающими особенностями головы, ушной раковины и туловища, до того, как она достигнет трансдукционного аппарата, состоящего из барабанной перепонки и внутреннего уха. Биологически, эти фильтры-эффекты, зависящие от относительного расположения источника звука, обеспечивают нейронное восприятие местоположения источника, в частности определение высоты расположения источника.

Технические детали

Анализ линейных систем позволяет определить передаточную функцию, представляющую комплексное соотношение спектра входного и спектра выходного сигналов как функцию частоты. Первым такую передаточную функцию описал Блауэрт, для начала — в виде передаточной функции одного только свободного поля. В дальнейшем стала учитываться передаточная функция пути от свободного поля до барабанной перепонки. Позже описания стали включать функции для ушной раковины, внешнего уха — что называют направленной передаточной функцией (directional transfer function, DTF).

Передаточная функция $H(f)$ любой линейной инвариантной во времени системы на частоте f имеет вид:

$$H(f) = \text{Output}(f) / \text{Input}(f)$$

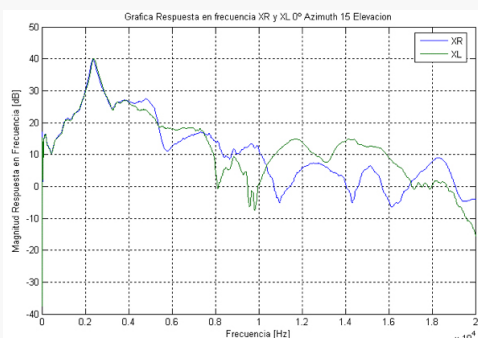
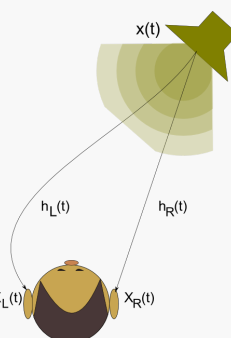
Метод определения HRTF также позволяет получить и импульсную характеристику (HRIR) $h(t)$ для барабанной перепонки, представляющую собой реакцию на импульс $\Delta(t)$, воспроизводимый источником. HRTF $H(f)$ представляет собой преобразование Фурье импульсной характеристики $h(t)$.

При измерениях с использованием головы-манекена HRTF представляет собой сложную функцию частоты и трёх параметров **сферической системы координат**. При расстояниях до головы, превышающих 1 м, влияние HRTF ослабляется с обратной зависимостью. Это то, что называется HRTF дальнего поля $H(f, \theta, \phi)$ (т. е. параметр расстояния r здесь не учитывается) и измеряется чаще всего. При меньших расстояниях различия в уровнях между ушами могут значительно возрасти, даже в области низких частот, для которых в случае с дальним полем различия незначительны.

HRTF как правило, замеряется в **бездзвовой камере** — для минимизации влияния начальных отражений и реверберации. HRTF измеряется с использованием небольших приращений θ , 15° или 30° в горизонтальной плоскости, после чего используется интерполяция для определения HRTF промежуточных значений θ . Даже при небольших приращениях интерполяция может привести к ошибочной локализации по направлению спереди/сзади, поэтому оптимизация алгоритма интерполяции на данный момент является приоритетным направлением исследований.

Для хороших показателей сигнал/шум измераемых HRTF важно, чтобы генерируемый импульс имел большую громкость. На практике, конечно, бывает довольно сложно сгенерировать импульс с большой амплитудой, либо же такой импульс может нанести вред слуху. По этой причине для непосредственной калкуляции HRTF в частотной области пользуются плавающим синусом или **последовательностями максимальной длины**. Усталость тестируемых является одной из проблем, обосновывающих потребность в интерполяции с использованием небольшого количества замеров.

Передаточная функция для головы участвует в разрешении проблемы т. н. конуса заблуждения — у основания которого располагаются точки, дающие для ушей одинаковые временные и амплитудные разности (ITD и ITL). Когда звук



Авторские статьи

- » [Настройка вывода звука](#)
- » [Настройка X-Fi @ Windows 7](#)
- » [Настройка конвертера](#)
- » [Сравнение lossless](#)
- » [Сравнение lossy](#)
- » [Сравнение ресемплеров](#)
- » [Как проводится ABX тест](#)
- » [24bit/96kHz->16bit/44.1kHz](#)
- » [Декодирование в foobar2000](#)
- » [Вывод стерео на 5.1](#)
- » [foobar2000 и Last.fm](#)

[Далее>>](#)

Сообщество

Последнее на форуме

- » [Организация качественного вывода звука на компьюте...](#) (434)
- » [Нарезка образов на треки с помощью CUETOOLS, fooba...](#) (6)
- » [Выбор акустической системы](#) (267)
- » [Сборка foobar2000 by Audiophile](#) (287)
- » [FLACCL](#) (16)
- » [foobar2000: небольшие/группы вопросы](#) (220)
- » [Fraunhofer IIS MP3 Surround Commandline Encoder](#) (65)

[Больше>>](#)

Кодеки



Теги

Полезные ссылки

- » [WebSound.Ru](#)
- » [HydrogenAudio.Org](#)
- » [Rarewares.Org](#)
- » [iXBT.com](#)
- » [Virtual Audio Cable](#)

достигает уха, он либо поступает в ушной канал, либо же отражается от ушной раковины и попадает в канал на долю секунды позже. Таким образом сигнал будет содержать множество своих копий, поступающих каждая со своей задержкой, зависящей от частоты (из-за отражений, дифракции, взаимодействия с высокими и низкими частотами, а также в зависимости от размеров уха). Эти копии накладываются одна на одну, в результате чего какие-то сигналы усиливаются (когда фазы совпадают), а какие-то ослабляются (при несовпадении фаз). Таким образом, мозг выполняет анализ результирующего сигнала на вырезанные частотные фрагменты, которые соответствуют определенному направлению, с которого поступает звук.

Если человеку изменить форму ушей, он не сразу сможет локализовать источники звука, так как имеющиеся образцы соответствий усиления/ослабления будут отличны от тех, которые подходят под данные уши. Через несколько недель слуховая система адаптируется к новой передаточной функции. Индивидуальные вариации спектра передаточных функций исследовались с использованием кластерного анализа.

Технология записи

Для обработки записей, как например в компьютерных играх (технологии A3D, EAX, OpenAL), используют функции усредненные для большого количества слушателей. При прослушивании через наушники или стерео колонки они действительно воспринимаются как звуки, доносящиеся со всех сторон, а не только из правого и левого динамика. Воспринимаемая точность локализации в данном случае зависит от того, насколько близка использованная HRTF к собственной HRTF слушателя.

Информация от спонсора

IT Randa: веб-студия. Главная цель - результат. закажите собственный сайт на [студии создания сайтов](#). Короткие сроки выполнения работ, приемлемая цена, гарантия качества и профессионализма.

[Recommend](#)[Tweet](#) 1

Категория: [Теория](#) | Автор: [Taras Kovrijenko](#) | Добавил: [Audiophile](#) (2014-09-02T21:05)



Просмотров: **55** | Рейтинг: 5.0/5, голосов: 1

Всего комментариев: **0**

Добавлять комментарии могут только зарегистрированные пользователи.

[[Регистрация](#) | [Вход](#)]

© 2009-2014 Taras Kovrijenko

uWeb 7 580 058
Hits..... 3 691
Hosts..... 306

1342
693

uWeb

РЕЙТИНГ 4415954
mail.ru 1461
717

3 887
1 754
665