

АЛГОРИТМ ДИНАМИЧЕСКОГО СВЕДЕНИЯ ДЛЯ СОНИФИЦИРУЕМЫХ ПРОЦЕССОВ

Анисимов Тимофей Игоревич
Аспирант, ИТМО, Санкт-Петербург
timdrive2013@gmail.com

DYNAMIC INFORMATION ALGORITHM FOR UNIFIED PROCESSES

T. Anisimov

Summary. The purpose of the article is to solve the problems of frequency conflicts in systems with process unification. The method of solving this problem was the development of an algorithm that takes into account the three-level prioritization of events within the system. The result of the work is a ready-made algorithm, the output data of which are processed sounds, taking into account the resolution of frequency conflicts and the metadata of their intersection, as well as an integral file with all processed sounds. This algorithm can be integrated as an event processing module before playback in systems with multiple independent processes occurring simultaneously.

Keywords: sonification, mixing, sound.

Аннотация. Цель статьи заключается в решении проблем частотных конфликтов в системах с сонификацией процессов. Методом решения данной задачи послужила разработка алгоритма с учетом трехуровневой приоритизации событий внутри системы. Результатом работы является готовый алгоритм, выходные данные которого представлены в виде обработанных звуков с учетом решения частотных конфликтов и метаданных их пересечения и целостного файла со всеми обработанными звуками. Данный алгоритм может быть интегрирован как модуль обработки событий перед воспроизведением в системах с множеством независимых процессов, происходящих одновременно.

Ключевые слова: сонификация, сведение, звук.

Введение

Одной из главных проблем в системах с сонификацией событий и процессов является несогласованность первоначальных звуков между друг другом, что влечет за собой частотные конфликты и продуцирование резонансов, а это, в свою очередь, усложняет восприятие звуковой информации и ухудшает пользовательский опыт. Для решения данной проблемы в этой статье будет рассмотрен алгоритм динамического сведения, который позволит минимизировать частотные конфликты в стерео поле с помощью фильтрации звуковых сигналов и разложению их по балансу и панораме и впоследствии улучшать взаимодействия человека с системой.

Область применения

Алгоритм динамического сведения служит для суммирования отдельных звуков в общее звуковое пространство с выделением приоритетных волн. Данный алгоритм может быть как полностью автоматизирован и рассчитан исходя из формальных критериев, так и быть программируемым пользователем с помощью параметризации отдельных звуков. Таким образом можно выделить две основные области применения данного алгоритма:

1. Системы IoT, состоящие из множества устройств. Интернет вещей (англ. internet of things, IoT) — концепция сети передачи данных между физическими объектами («вещами»), оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой (3). В такого типа системах, как умный дом, как правило, основным источником управления и взаимодействия с устройствами являются колонки со встроенным голосовым ассистентом. Однако в данный момент единая спецификация устройств умного дома Matter не интегрирована в системы, по большей части из-за чего устройства на рынке создаются под все основные платформы одновременно и разрабатывают собственные приложения для самостоятельного функционирования устройств, дополняя по возможности их динамиком или твиттером для сонификации основных состояний. Это, в свою очередь, позволяет с помощью их SDK контролировать и реализовывать алгоритм динамического сведения для более понятного пользователю информирования о сменах состояния и приоритизации основных звуков. Подобные подходы при должном масштабировании применимы также в системах умных городов и в реализации программ для ориентирования людей с ограничениями по зрению.

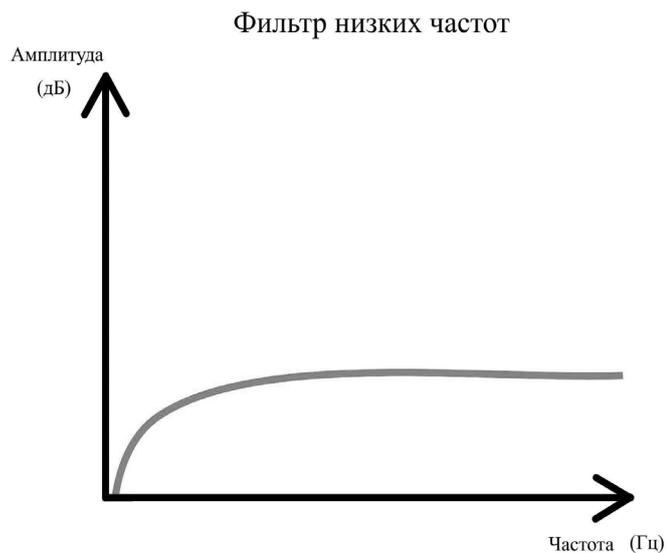


Рис. 1. Фильтр низких частот

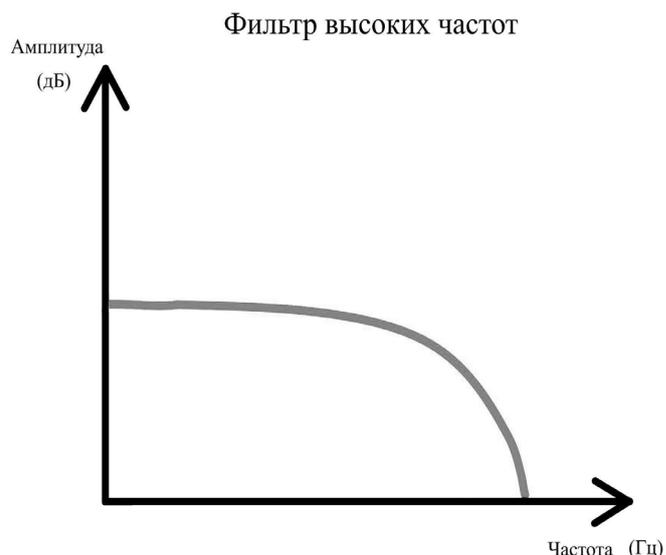


Рис. 2. Фильтр высоких частот

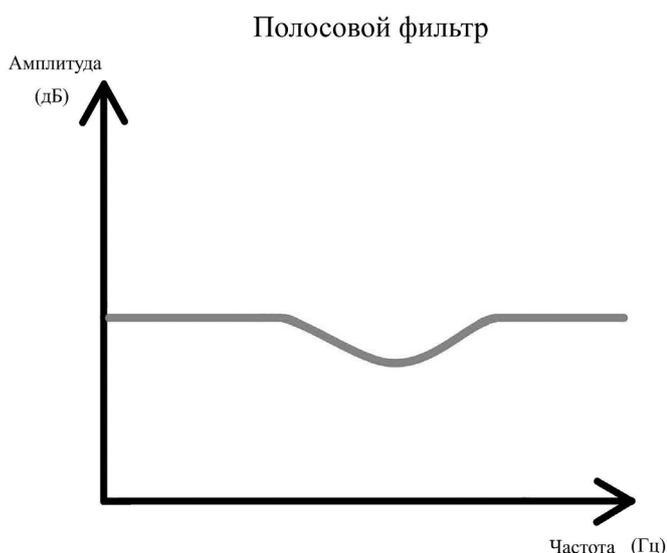


Рис. 3. Полосовой фильтр

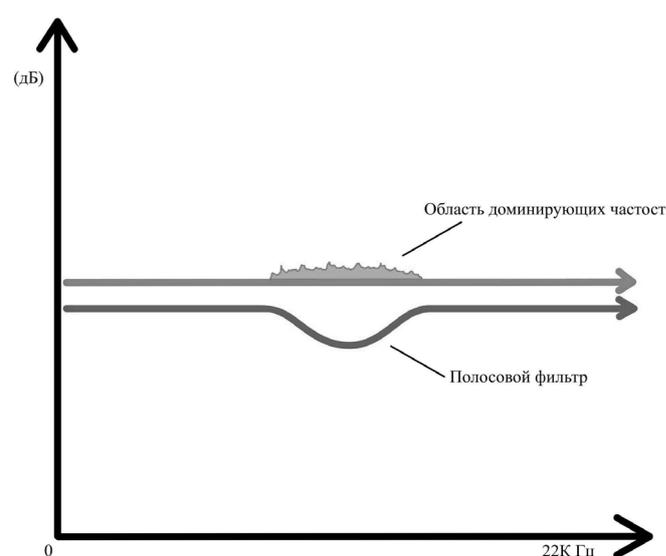


Рис. 4. Решение частотного конфликта в области доминирующих частот с помощью полосового фильтра

2. Звукорежиссура. В звукорежиссуре процесс сведения — один из основных как при работе в студии, так и на живых площадках. Частичная автоматизация данного процесса с помощью пользовательской параметризации может сильно ускорить данный процесс, позволяя звукорежиссеру сосредоточиться на художественных составляющих композиции. Использование алгоритма в условиях живых выступлений также может упростить задачу, однако здесь возможно сильное влияние аку-

стического пространства, что повлечет за собой искажения изначального звука и, как следствие, необходимо большее участие звукоинженера. Так или иначе попытки реализации данного подхода к сведению музыки в студиях уже разрабатывались, в частности, компанией Izotope, однако из-за качества выходного материала широкого распространения не получила и используется в основном как модуль дополнительной настройки в комплексе с другим софтом обработки звука.

Сведение как процесс

Сведение или микширование как процесс представляет из себя комплекс из индивидуальной и суммарной обработки звуковых дорожек с точки зрения громкости, панорамирования, частотной и динамической обработки для объединения в единый проект. Данный процесс может быть как абсолютно техническим, так и творческим, но, поскольку основной целью данной статьи является исследование алгоритма, будет рассмотрена только техническая составляющая. Основными способами для обработки звуковых дорожек являются:

1. Эквализация — это процесс изменения громкости определенной частоты звука, аналогичное регуляторам низких и высоких частот в стереосистеме. [1] Человек номинально слышит звуки в диапазоне от 16 до 20 000 Гц. Верхний предел, как и нижний, имеет тенденцию со временем снижаться. Большинство взрослых людей не могут слышать звук частотой выше 16 кГц. Ухо само по себе не реагирует на частоты ниже 20 Гц, но они могут ощущаться через органы осязания. [2] В процессе сведения эквализация является основным инструментом для решения частных конфликтов и среза области ненужных для конкретного звука частот. Частотные конфликты — общие для звуков отрезки частот, которые при взаимодействии друг с другом мешают отдельному восприятию звука или порождают звуковые резонансы, неприятные для слуха. Для решения задачи ограничения звукового спектра частот можно использовать низкочастотные или высокочастотные фильтры, срезающие соответственно области низких и высоких частот. Для решения частотных конфликтов возможно использование как статических, так и динамических полосных фильтров, повышающих или понижающих амплитуду звука на определенном отрезке частот. Графические представления работы фильтров и решения частотных конфликтов представлены на рисунках 1–4:
2. Компрессия — динамическая обработка звука, служащая для ограничения пиковых значений громкости и поднятия относительной громкости звуков с меньшей амплитудой, тем самым сжимая звук и делая его более ровным. У компрессора есть 5 основных параметров для манипуляции звуком:
 - ◆ Порог срабатывания — громкость при котором компрессор начнет сжимать звук, при недостаточной громкости компрессор не будет работать, при слишком низком — произойдет пережатие или заглушение звука
 - ◆ Соотношение — сила срабатывания компрессора в отношении обработанного звука к необрабо-

танному, чем выше значение данного параметра, тем больше компрессор будет воздействовать на сигнал

- ◆ Атака — временной параметр для определения скорости срабатывания компрессора
 - ◆ Восстановление — временной параметр восстановления сигнала к исходному после срабатывания
 - ◆ Компенсация громкости — параметр служащий для восстановления первоначальной громкости сигнала после работы компрессора
3. Установление баланса громкостей — процесс расстановки звуков в пространстве относительно параметра громкости для выстраивания баланса громче/тише. Громкость — один из важнейших параметров звука, обусловленный амплитудой колебаний и возникающим при этом звуковым давлением. Громкость измеряется в децибелах от условно принятого нижнего порога слышимости, относительно восприятия громкости человеком в пространстве — чем громче звук, тем ближе он находится.
 4. Панорамирование — параметр, как правило, обозначающий смещение громкости звука относительно шкалы Y в стереопространстве. Исходя из смещения, звук будет громче в одном канале и тише в другом, тем самым определяя его местоположение в финальном пространстве. В более сложных системах, таких как Dolby 5.1, расположение звука определяется по трем осям X, Y, Z.

Подготовка материала

При получении разных звуков для их последующего сведения необходимо их разобрать и определить по формальным критериям для понимания алгоритмом их места и специфики при последующей обработке. При механизме сведения очень важна приоритизация звуков для выделения основных и определения цепочек обработок инструментов, чтобы дорожки с приоритетом выше не прерывались дорожками с приоритетом ниже. Основные параметры звука могут определяться как статически с помощью пользователя, так и динамическими системами. Параметрами на входе в данном случае будут являться:

- ◆ Приоритет. Определяется с помощью цифр 1–3, где 1 — высший приоритет, а 3 — наименьший. Формальная метрика важности звука для финального пользователя, исходя из которой звук считается основным или не основным. Всего можно выделить 3 уровня приоритетов: при первом звук является главным и не должен быть искажен никак; при втором звук должен быть слышен, но его смещение и обработка зависят от первого; третьим можно пренебречь в том

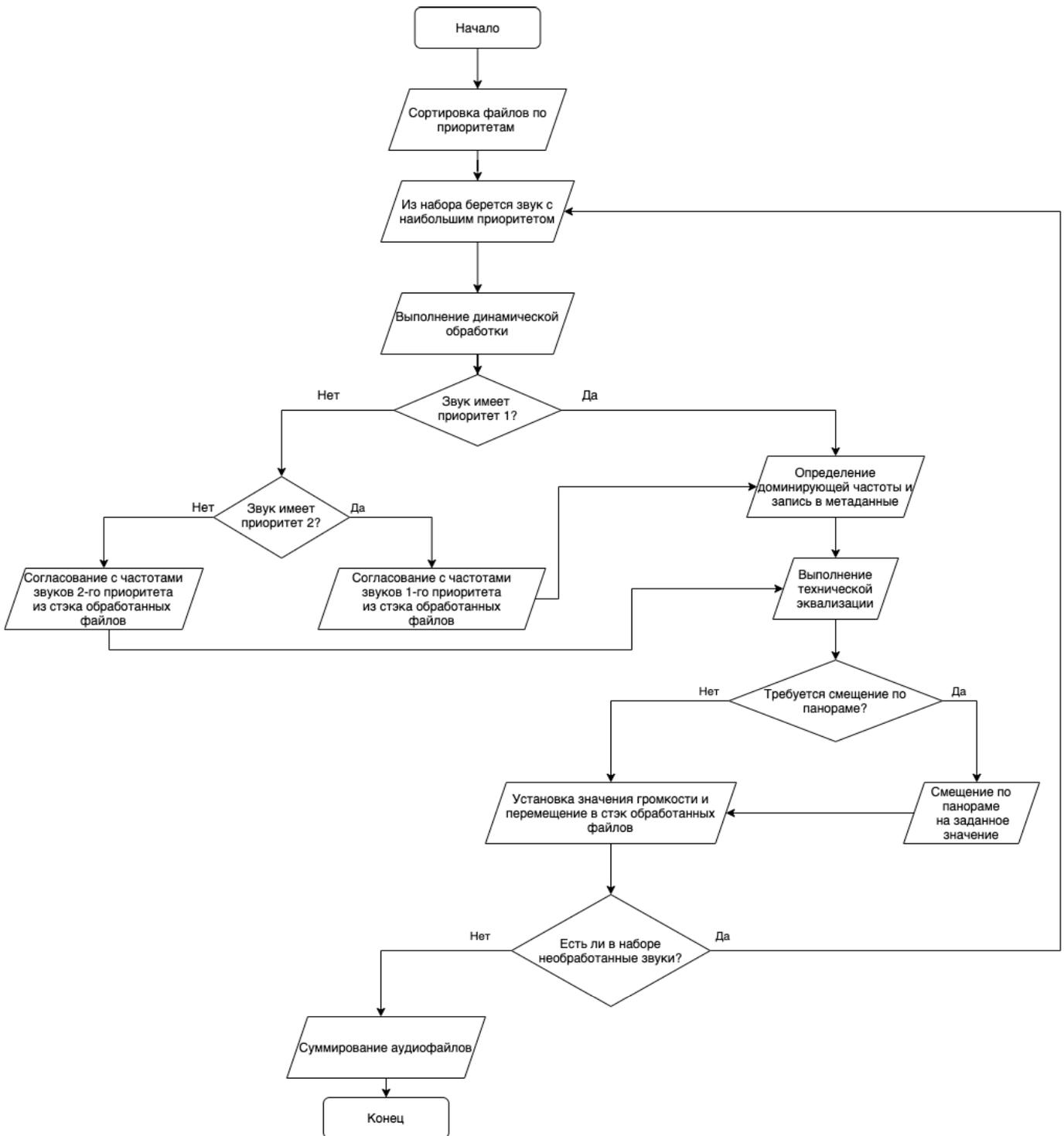


Рис. 5. Блок-схема работы алгоритма

случае, если решение частотных конфликтов со звуками приоритетом выше невозможно. Данный параметр в системах с участием звукоинженера может определяться пользователем для лучшей подстройки и выделения наиболее важных звуков. В системах IoT приоритет звука

на входе должен исходить из важности события для системы, например, в системе умного дома сообщения о выходе из строя того или иного устройства будут более приоритетными, нежели штатное сообщение о начале или завершении работы.

- ◆ Панорамирование. Определяется от 100L до 0 и от 0 до 100R, где 100L — это полное смещение в правый канал, 0 — равномерное распределение между обоими каналами, а 100R — полное смещение звука в правый канал. Метрика смещения звука относительно оси Y. При статичном определении звукоинженер может указать процент смещения влево или вправо по необходимости. В случае динамического оповещения, например, в системе навигации для людей с ограничениями по зрению на вход алгоритма подается актуальная информация о расположении объекта относительно считывающего устройства.
- ◆ Громкость. Определяется целочисленным значением в Db.
- ◆ Доминирующая частота. Основная частота звука, которая записывается в файл после ее определения во время работы алгоритма.

Алгоритм

На вход алгоритма подается стэк из wav и txt файлов с параметрами на основании которых будет происходить вычисления. На выходе получается суммированный аудиофайл и отдельно обработанная каждая дорожка.

После получения алгоритмом стэка, исходя из метаданных файлов, происходит сортировка по приоритету, начиная с наивысшего 1-го. Затем алгоритм берет первый файл из стэка необработанных звуков, производит

динамическую обработку, после чего на основании приоритета определяет доминирующую частоту или проводит согласование с частотами из стэка обработанных звуков. После проведения эквализации согласования производится техническая эквализация, т.е. срез неслышимых низких и высоких частот. При наличии в метаданных файла информации о необходимости смещения по панораме производится баланс громкости между правым и левым каналом соответственно полученным данным. После вышеописанных действий финальной обработкой звука будет выставление громкости на соответствующее значение и перенесение звука в стэк обработанных файлов. Затем алгоритм проверяет наличие необработанных звуков в стэке, и в случае наличия берет первый в стэке файл и производит всю обработку, в случае, если стэк пуст, тогда алгоритм завершает работу.

Блок-схема работы алгоритма представлена на рисунке 5.

Заключение

В данной статье рассмотрены основные способы минимизации частотных конфликтов между звуками в сонифицируемых системах. Предложен алгоритм для обработки и манипуляции звуками как автоматически, так и с помощью пользователя. Данный алгоритм может быть внедрен в любую систему, где сонифицируемые события и процессы могут происходить одновременно и конфликтовать между собой.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Art Of Mixing: A Visual Guide To Recording, Engineering And Production — David Gibson
2. Гельмгольц Г. Учение о слуховых ощущениях как физиологическая основа для теории музыки. Пер. с нем. СПб., 1875.
3. Internet Of Things (англ.). Gartner IT glossary. Gartner (5 мая 2012). — «The Internet of Things is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment.»

© Анисимов Тимофей Игоревич (timdrive2013@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»