EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECHNICAL REVIEW

How to make immersive audio available for mass-market listening

Внимание!
Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность
и может содержать отдельные неточности.
Оригинал документа на сайте https://tech.ebu.ch

Как сделать иммерсивный звук доступным для массового рынка

14 июля 2016
Rozenn Nicol, Marc Emerit, Edwige Roncière, Hervé Déjardin (nouvOson)

Предисловие

Главная цель EBU Technical Review – критическое исследование новых технологий или разработок в области медиа производства и распространения. Все Technical Review проверяются 1 (или более) техническим экспертом из EBU или внешней организации и менеджером технических изданий EBU. Ответственность за мнения, выраженные в данной статье, лежит исключительно на авторе(ах).

Для доступа к полной коллекции наших Technical Review см. tech.ebu.ch/publications

Если вы хотите передать тему для EBU Technical Review, обращайтесь по адресу: tech@ebu.ch

Резюме

В марте 2013 г. Radio France развернула новую часть своего веб-сайта под названием nouvOson [1] для передачи объемного звука 5.1[1] и бинаурального[2] звука. В ноябре 2015 г. вышла обновленная версия сайта, включающая новые функции, такие как выбор бинауральных фильтров. Бинауральный метод был изначально выбран для людей, у которых нет домашнего кинотеатра с установкой на воспроизведение 5.1, а также для мобильных приложений.

В то же время Radio France стала основателем совместного исследовательского проекта бинаурального прослушивания BILI [2], цель которого – поиск доступного способа персонализации Head-Related Transfer Functions (HRTF) для приложений массового рынка.

В статье обсуждается прогресс проекта плеера nouvOson с 2013 г. и его будущие перспективы.

Как сделать иммерсивный звук доступным для массового рынка

1. Введение

В марте 2013 г. Radio France развернула новую часть своего веб-сайта под названием nouvOson [1] для передачи объемного звука 5.1 и бинаурального звука. В ноябре 2015г. вышла вторая версия сайта с новыми функциями, такими выбор бинауральных фильтров. Бинауральный метод был изначально выбран для людей, у которых нет домашнего кинотеатра с установкой на воспроизведение 5.1, а также для мобильных приложений.

В то же время Radio France стала основателем совместного исследовательского проекта бинаурального прослушивания BILI [2], цель которого – поиск доступного способа персонализации Head-Related Transfer Functions (HRTF) для приложений массового рынка.

В данном Technical Review обсуждается прогресс проекта плеера nouvOson с 2013 г. и его будущие перспективы.

2. Первичная архитектура

NouvOson был внедрен для экспериментирования в производстве и распространении пространственного звука. Новые режимы прослушивания и особенно возрождение использования наушников убедили нас в ценности бинаурального звука. Поэтому в контексте наших исследований и инноваций мы сфокусировались на лучшем способе распространения бинаурального звука через веб.

Это и мотивировало нас разработать плеер для аудио производства для вещания в 5.1 и бинауральном формате.

---

[1] Объемный звук 5.1 состоит из 5 главных каналов громкоговорителей (левый, центральный, правый, левый объемный и правый объемный) и канала низкочастотных эффектов (LFE – “0.1” в 5.1, который помогает усилить воздействие громких шумов, например, взрывов в кинофильме, и часто воспроизводится в сабвуфере). Программы общественных вещателей не ограничиваются кинофильмами и обычно пропускают LFE и вещают в 5.0.

[2] Бинауральный звук – двухканальный сигнал, который содержит достаточно информации (малозаметные вариации задержки, амплитуды и фазирования двух каналов) для передачи трехмерной звуковой среды при прослушивании в паре наушников. Впервые это наблюдалось в Париже в 1881 г., когда изобретатель Clement Ader поставил микрофоны на сцене Парижской оперы для удаленного воспроизведения в паре телефонных преобразователей (http://histv2.free.fr/theatrophone/theatrophone.htm). Практическая проблема с бинауральным воспроизведением – что индивидуальная форма головы у каждого человека, требующая специфической «разновидности» бинаурального сигнала для оптимизации эффекта 3D. Техническое описание этой «разновидности» - HRTF, как объясняется ниже в данной статье.

98% бинаурального звука, предоставленного nouvOson, создано путем кодирования звукового файла 5.1 с общим HRTF. Когда кто-то слушает программу на сайте, он может выбрать рендеринг 5.1 или бинауральный. В 2013 г. аудио кодеком 5.1, доступным почти во всех веб-браузерах и во всех операционных системах (Windows, MacOS, iOS, Android...), был кодек MPEG HE-AAC. Сегодня OPUS, Dolby Digital или Dolby Digital+ - альтернативные кодеки, которые сейчас поддерживаются веб-браузерами. В то время как OPUS и HE-AAC поддерживаются многими веб-браузерами, решения Dolby поддерживаются только в Microsoft Edge в Windows 10 и в Safari в MacOS.

Рис. 1 – Начальная версия плеера nouvOson

Параметры бинаурального кодирования были выбраны на основе опыта Francois Ragenard, технического консультанта Radio France. Кодеки Fraunhofer MPEG HE-AAC использовались со скоростью 192 kbit/s для аудиофайлов 5.1, а AAC с той же скоростью - для бинауральных файлов, оба с постоянным битрейтом (CBR).

В данный момент 5.1 и бинауральные аудиофайлы nouvOson доступны главным образом только как подкасты, но иногда бывают прямые передачи в бинауральном формате.

Громкость и уровень аудиофайлов соответствуют EBU R128[3] [3]:

1) Файлы 5.1, которые предполагается слушать в тихой среде домашнего кинотеатра, установлены на –23 LUFS.
2) Бинауральные файлы установлены на -15 LUFS в соответствии с мобильной практикой.

В этой конфигурации важно отметить два момента:

1) Для каждой программы Radio France должен произвести два аудиофайла, один в 5.1, а другой в бинауральном формате, с разным уровнем громкости, как указано выше.
2) Хотя использование общего HRTF – хороший способ внедрения плеера, этого недостаточно для обеспечения хороших пространственных ощущений для каждого.

3. Внедрение веб-аудио API в nouvOson

С первичной архитектурой Radio France пыталась решить проблемы использования общего HRTF с помощью библиотеки HRTF для первого подхода к персонализации.

Для улучшения первого подхода нужно было внедрить в nouvOson HTML5 Web Audio API[4], который позволяет усиление, фильтрацию, маршрутизацию и свертывание аудио сэмплов, декодированных браузером. Используя эти инструменты в API, Marc Emerit и Michael Pontiggia из Orange Labs создали бинауральный механизм, который Radio France сейчас внедряет в свой последний плеер nouvOson.

[3] См. EBU Technology & Innovation: tech.ebu.ch/loudness

[4] См. Web Audio API: http://webaudio.github.io/web-audio-api/

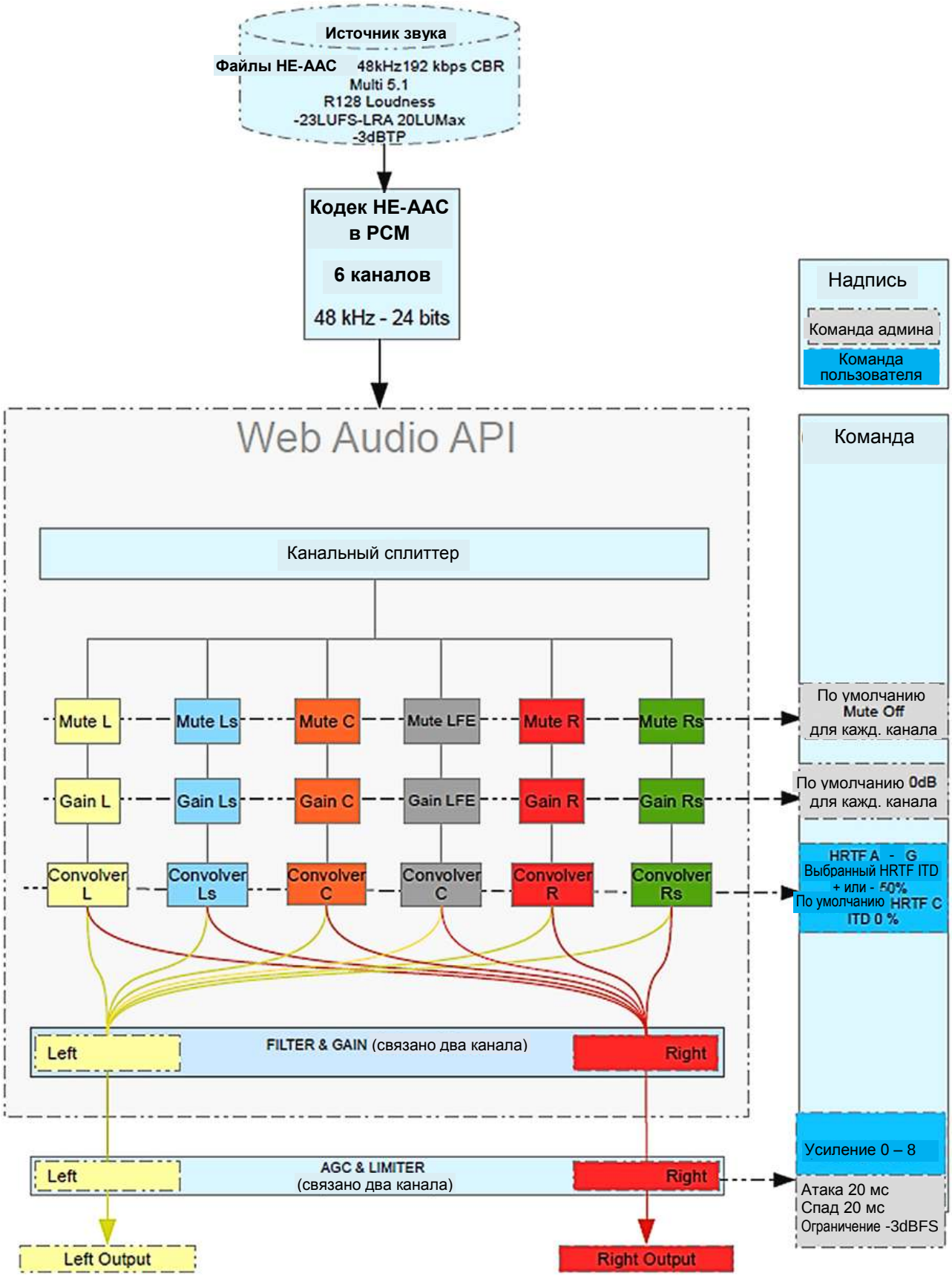

Рис. 2 – Функциональная схема воспроизведения бинаурального кодера nouvOson V2

С этим процессом Radio France нужно производить только аудиофайл 5.1. Бинауральный файл создается «на лету» в браузере слушателя с HTML5. Первый прототип был самым базовым и применялся только для внутренних испытаний.

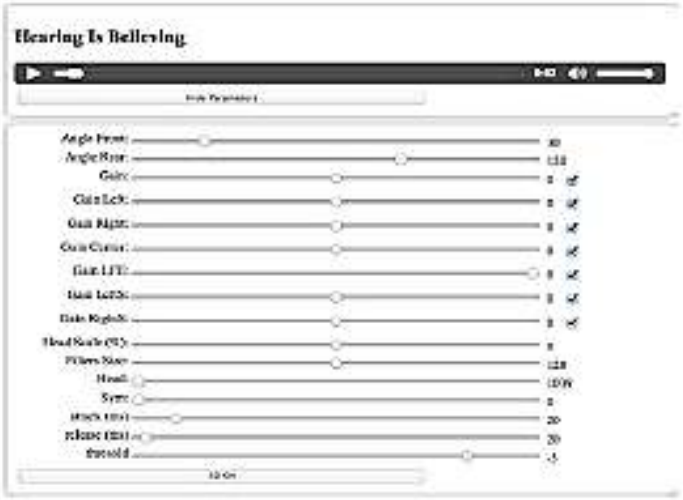

Рис. 3 – Первый прототип плеера с индивидуальной адаптацией

После оценки и утверждения качества плеера была реализована лучшая интеграция API, благодаря Julien Decaudin, Jean-François Mougnot и Guillaume Baret из Radio France.

В этом плеере, если слушатель не выбрал формат, WebAudio, API автоматически обнаруживает, что используется – система 5.1 или пара наушников. В последнем случае в браузере просчитывается бинауральная версия программы 5.1 и автоматически применяется общий HRTF.

В случае рендеринга 5.1 слушатель может использовать онлайн-инструмент для проверки, что его громкоговорители принимают корректные каналы для воспроизведения, как показано на следующем рисунке.

Рис. 4 – Онлайн-инструмент для установки систем домашнего кинотеатра 5.1, стерео и бинауральных параметров

LFE (низкочастотное расширение; 0.1 в системе 5.1, часто воспроизводится в сабвуфере) идет отдельно, и слушатель может вручную применить в этом канале усиление +10 dB, необходимое для правильного воспроизведения в системах домашнего кинотеатра.

При необходимости возможно классическое стерео сведение:

Сведение левого канала = L + C-3dB + Ls-3dB
Сведение правого канала =R + C-3dB + Rs-3dB

4. Установка уровня в Web Audio API

Уровень, воспроизводимый новым плеером, по умолчанию установлен на 23 LUFS и для 5.1, и для бинаурального формата. В регуляторе громкости между светло-серой и красной зоной есть метка, обозначающая -23 LUFS. Слушатель может двигать курсор громкости вниз и вверх для установки усиления максимум до –15 LUFS. Для сохранения соответствия EBU R128 в мобильном варианте внутри Web Audio API есть «умный» AGC (Automatic Gain Control), который следит за пиками сигнала в каждой выборке и гарантирует их сохранение ниже пика -3 dB (реальные пиковые значения пока недоступны).

5. Эволюция Web Audio API для бинаурального прослушивания

Если слушатель захочет персонализировать (и, следовательно, улучшить) свой бинауральный рендеринг, он может провести короткий тест локализации, нажав на кнопку с зубчатым колесиком на Рис. 4, которая открывает следующую панель.

Рис. 5 – Тестовое окно для поиска лучшего HRTF для слушателя

Пользователю предоставлен выбор из семи HRTF (называемых морфологическими профилями и обозначенных от A до G), посредством которого он максимизирует ощущение погружения, полученное при коротком тестовом звуке, который двигается вокруг головы слушателя. Зеленый круг на рисунке с правой стороны панели показывает желаемый бинауральный рендеринг теста. Красный и оранжевый круги показывают ложные ситуации HRTF, помогая слушателю понять, чего он должен достичь для оптимизации своих ощущений от nouvOson.

Эту тестовую среду разработал Hervé Dejardin. Это было сделано с использованием спектральных и временных параметров, позволяющих легкое определение местоположения звука, двигающегося вокруг головы в течение около 5 секунд. Для нахождения самой подходящей тестовой последовательности потребовалось много разных испытаний с разными звуками.

Hervé обнаружил, что требуемый звук должен заполнять широкий спектр для стимулирования интерауральнoго интервала времени (ITD) ниже 2.5 kHz и интерауральной разности уровней (ILD) выше 2.5 kHz.

По совету Rozenn Nicol из Orange Labs он добавил искусственную реверберацию, которая дает глубину и больше средних спектральных компонентов для улучшения теста. Nicol также выбрала семь HRTF из базы данных IRCAM HRTF[5]. Процесс ее выбора описан ниже.

Выбор постоянного движущегося источника вместо нескольких дискретных фиксированных точек звука в одном и том же пространстве компенсирует отсутствие отслеживания движения головы.

Тест построен с виртуализацией всего 8 громкоговорителей вокруг головы, и очень важно, чтобы скорость движения звука была с этим согласована.

При нажатии кнопки "continuer" - «продолжить» (см. Рис. 5) появляется вторая панель теста персонализации (см. Рис. 6). Здесь слушатель может адаптировать ITD выбранного HRTF, двигая регулятор

[5] http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/download.html

"Régler la largeur" (установка ширины). Слушатель должен воспринимать звук под углом 30° вправо, как показано зеленой точкой на графике.

Рис. 6 – Тестовое окно для настройки ITD, подходящего для слушателя

Эту часть теста настроить непросто, т.к. хотя звукоинженеры и могут понять и услышать разницу, не факт, что непрофессиональный слушатель сможет сделать это столь же легко.

После теста слушатель сохраняет предпочтения в персональный профиль, который хранится в cookie и используется каждый раз, когда в браузере открывается nouvOson.

6. Будущие перспективы

Сейчас решается несколько вопросов, например,

- Рендеринг LFE в бинауральном случае производится вручную добавлением +10 dB в Web Audio API.
- Фильтр нижних частот 80 Hz находится внутри кодера MPEG HE-AAC.
- Канал LFE не «бинаурализирован».

По нашим наблюдениям, слушатели начинают ожидать более персонализированных ощущений. Объемный звук 5.1 – еще не конец, и потребуется еще больше каналов для UHDTV и, соответственно, управление большим количеством виртуальных источников в бинауральной среде. Все это привело нас к объектно-ориентированному микшированию и новым методам производства звука (что, возможно, будет темой другой статьи).

Web Audio API будет хорошим инструментом для управления всех этих будущих приложений.

7. Персонализация HRTF для бинауральных приложений массового рынка: «готовое» решение на основе выбора из семи установок HRTF

В первой попытке предложения инструмента для персонализации HRTF в контексте приложений массового рынка мы решили начать с простого решения, легкого в реализации и применении. Выбор из 7 установок HRTF был представлен слушателю, который определял свой предпочтительный набор путем сравнительного прослушивания. Но для надлежащей индивидуальной адаптации таким образом критически важен «окончательный» набор HRTF для выбора. Пока неясно, как воспринимаются неиндивидуальные HRTF, например, каковы перцепционные измерения, лежащие в основе способности различия между двумя установками HRTF?

Чаще всего HRTF оцениваются тестами локализации[6], которые показывают, что использование неиндивидуальных HRTF ведет к плохой экстернализации (и даже локализованности в голове[7]), плохой локализации по высоте (где ушная раковина – главный морфологический фактор), увеличению часто-

[6] Wenzel 1993, Moller 1996, Begault 2001

[7] 7 Blauert 1996

ты перестановок спереди назад и сверху вниз[8] и пространственному сдвигу фронтальных источников. Эти результаты влияют только на восприятие пространственной информации. Следовательно, другие потенциальные измерения, отвечающие за воспринимаемые отличия между HRTF, упущены. Например, не учитываются тембральные артефакты. Кроме того, в большинстве предыдущих исследований не учитывалось большое количество неиндивидуальных установок HRTF.

Для более глубокого изучения этого вопроса был проведен эксперимент по исследованию перцепционных атрибутов, влияющих на восприятие и различие HRTF. Он опирался на оценку отличий между стимулами для вычисления матрицы отличий, которая позволила нам построить перцепционное пространство, в котором стимулы располагались в соответствии с их воспринимаемыми отличиями. Для этого использовался анализ Multi-dimensional Scaling (MDS) [12]. Звуковые стимулы, использованные в эксперименте, были получены из исходного отрывка многоканального звука 5.1, который был конвертирован в бинауральный формат. Для получения наиболее характерного пространства необходимо, чтобы набор стимулов включал весь диапазон потенциальных вариаций, которые можно ожидать от оцениваемой переменной, что в нашем случае означает использование базы данных HRTF, состоящей из большого числа индивидуалов. 46 версий данного отрывка было получено путем свертывания 46 установок HRTF базы данных IRCAM[9] "Listen".

До предварительной обработки HRTF была скомпенсирована реакция измерительной системы, а индивидуальная интерауральная временная задержка (ITD) заменена на среднюю ITD, вычисленную как среднее значение 46 отдельных ITD для каждого направления. Наконец, была скорректирована громкость каждого бинаурального стимула для получения равной громкости всех версий, в соответствии с индикатором "N10", предложенным Zwicker и Fastl.[10]

Эксперимент проводился для измерения различий между всеми возможными парами из набора стимулов M=46, что дало всего N=1035 пар. Вместо сравнения всех этих пар, которое потребовало бы непомерно много времени, использовался альтернативный метод, «выборка сходств с перемещением эталонов» (SPPR)[11]. Идея SPPR – представить опорный стимул и набор стимулов P, взятых из оцениваемых стимулов M, и попросить участника идентифицировать в наборе стимулов P стимулы K, которые он считает наиболее похожими на опорный.

Преимущество этого метода в том, что каждый стимул играет роль эталона. В случае визуальных стимулов стимулы (P+1) (набор стимулов P в дополнение к опорным) представляется одновременно, что позволяет сравнение большого количества, P, стимулов в одном испытании. Таким образом, общее число испытаний, необходимых для сравнения стимулов M, значительно снижается, ускоряя весь эксперимент. Однако в случае аудио стимулов сравнение не может быть одновременным и неизбежно последовательно. Более того, из-за ограничения слуховой памяти число P стимулов, сравниваемых в одном испытании, должно быть не слишком большим. В *Michaud 2013*[11] показано, что звуковые стимулы P=3 – хороший компромисс для значительного сокращения общей продолжительности эксперимента при сохранении надежности оценок. Задача участника – выбрать стимул K=1, который он считает наиболее похожим на эталон.

В эксперименте принимали участие 10 человек. Они могут считаться опытными слушателями; группа состояла из звукоинженеров Radio France, France Télévisions, Conservatoire National Supérieur de Musique et de Danse de Paris (CNSMDP) и исследователей пространственного звука из Orange Labs и Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSI, University of Orsay). Поэтому они привыкли к критическому прослушиванию и были знакомы с 3D аудио контентом и, в частности/, с бинауральным звуком. Эксперимент проходил в пяти разных местах в Париже (Radio France, CNSMDP и LIMSI), в Ренне и в Lannion. Аудио оборудование, используемое для рендеринга бинауральных звуковых стимулов (звуковая карта Focusrite Scarlett 6i6 и наушники Sennheiser HD 650), было идентично.

Для каждого участника была получена индивидуальная матрица отличий. Затем все эти матрицы были усреднены, создав единую среднюю матрицу отличий, которая затем могла обрабатываться анализом Multi-dimensional Scaling (MDS) [12].

Цель MDS – предложить пространственное распределение сравниваемых стимулов. В этом распределении было намечено, чтобы расстояния между стимулами были характерны для их отличий. Путем итерационного процесса алгоритм MDS создает пространственное распределение, наиболее подходящее для оценок отличий. Таким образом, такая пространственная расстановка (организация) стимулов выявляет структуру перцепционного пространства, управляющего их восприятием.

[8] 8 Wenzel 1993

[9] http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/

[10] Zwicker 1999

[11] Michaud 2013 (SPPR)

Воспринимаемые отличия между всеми парами этих 46 установок HRTF могут использоваться иерархическим анализом для создания дендограммы (см. Рис. 7), которая помогает визуализировать отличия между HRTF. В дендограмме длина пути между двумя установками пропорциональна их воспринимаемому отличию; чем короче путь, тем более похожи наборы. Мы предложили использовать эту дендограмму для исключения самых похожих установок HRTF в целях извлечения самых отличающихся.

Нашей задачей был выбор сокращенного числа установок, по-прежнему показательных для вариабельности 46 установок, но с минимальной избыточностью. Было решено выбрать всего 7 установок. Был определен порог минимального отличия, зафиксированный на 0.6 (см. Рис. 7), который позволил изолировать 7 кластеров установок HRTF. В каждом кластере отличия между установкой HRTF ниже этого порога. Характерная установка для каждого кластера извлекается путем выбора установки, которая ближе всего (в смысле воспринимаемых отличий) к барицентру членов кластера.

Это дало 7 установок HRTF, представляющих степень воспринимаемых отличий неиндивидуальных HRTF м способных обеспечить одну подходящую установку HRTF для любого слушателя из широкого диапазона.

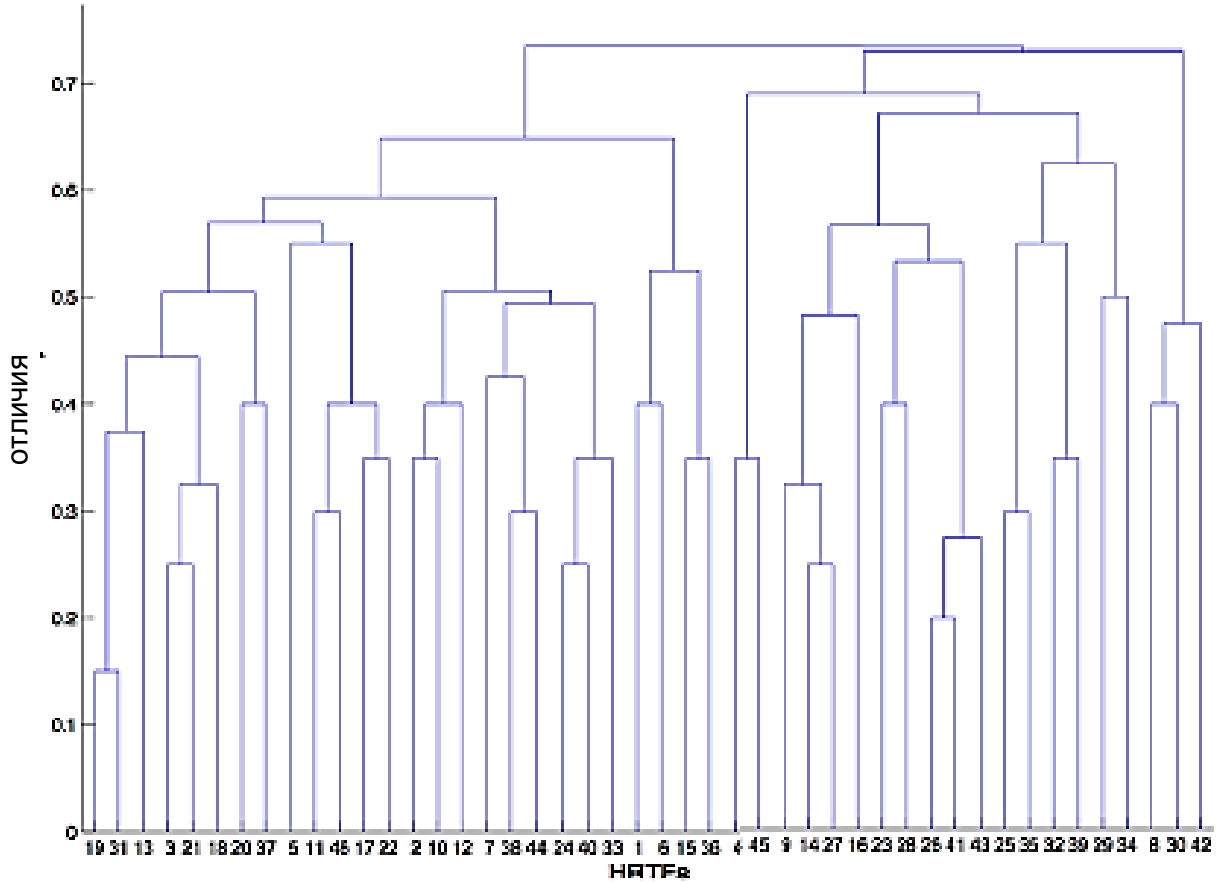

Рис. 7– Дендограмма, построенная из матрицы отличий 46 установок HRTF

8. Оценка качества восприятия (QoE) путем опроса

Начиная с ноября 2015 г. мы просили посетителей сайта nouvOson заполнить анкету для сбора отзывов об их восприятии обработки.

Во-первых, мы попросили описать свои ощущения тремя словами. Из 272 слов, собранных до настоящего времени (от 121 участника), 90% положительны. 13% слов связаны с «погружением», 11% с «интересом», 10% с «пространством» и 6% с «удивлением». Во-вторых, было оценено несколько критериев (см. Рис. 8). Общая оценка весьма положительна, за исключением экстернализации, которая оценивается несколько ниже.

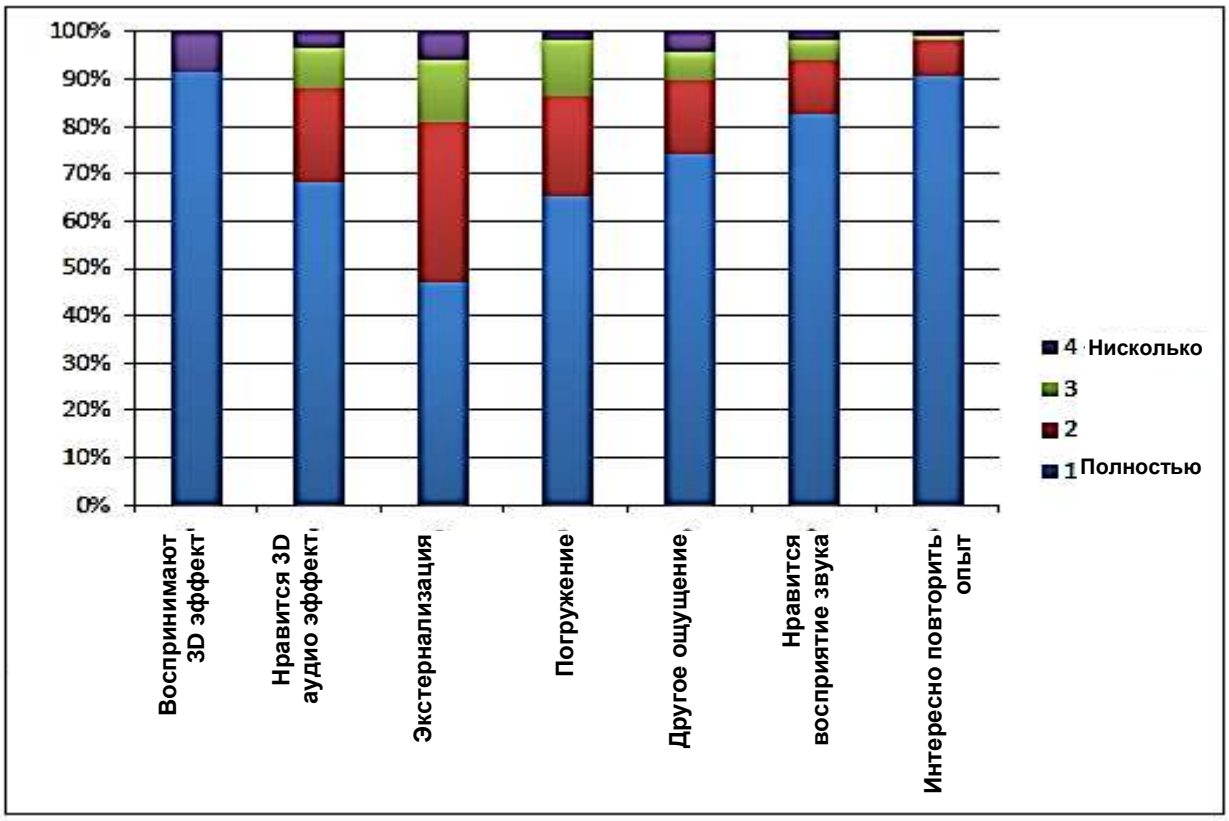

Рис. 8 – Проценты по каждому критерию QoE

Также был оценен инструмент персонализации HRTF (см. Рис. 9). Лишь 82% участников применяли персонализацию, поэтому результаты ограничены этим числом. Персонализация признана «легкой» (48% в выборе HRTF, 45% в настройке ITD) или «очень легкой» (26% в выборе HRTF, 24% в настройке ITD) в настройке более чем 70% участников. После персонализации улучшение воспроизведения звука ощущалось двумя третями участников (37%: сильное улучшение, 28%: умеренное улучшение). Кроме того, собирается информация о профиле слушателя и его оборудовании. Следует заметить, что участие сбалансировано между поколениями.

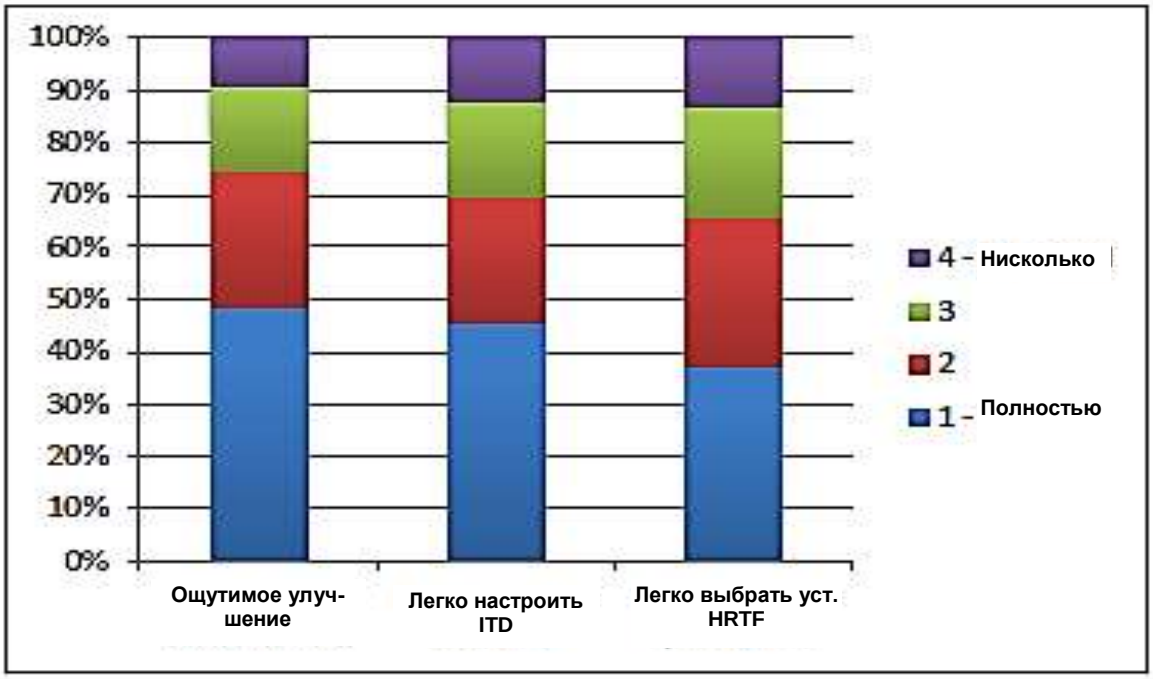

Рис. 9 – Процент по параметрам индивидуальной адаптации HRTF

9. В заключение

Новая версия веб-сайта nouvOson от Radio France в онлайне с ноября 2015 г., и регулярно добавляется новый контент. Он демонстрирует, что сегодня возможно вещание контента 5.1 через веб и применение бинаурального сведения для прослушивания в наушниках в браузере без предварительной установки программного обеспечения. Это значительно упрощает восприятие для конечного пользователя.

Для повышения воспринимаемого качества погружения мы предложили пользователю адаптировать свои ощущения, выбрав набор бинауральных фильтров HRTF из 7 установок; концепция «готового решения». Затем было оценено качество восприятия пользователей путем онлайн-опроса. Результаты весьма положительные и обнадеживающие, т.к. бинауральный рендеринг контента 5.1 через наушники был высоко оценен 87% пользователей, а персонализация HRTF улучшила ощущения 67% пользователей. Для улучшения этих показателей в проекте BiLi будут продолжены исследования персонализации бинаурального прослушивания.

10. Ссылки

[1] Nouvoson: http://nouvoson.radiofrance.fr/ (По состоянию на 27 июня 2016)

[2] BiLi Project: http://www.bili-project.org/ (По состоянию на 27 июня 2016)

[3] EBU Technology & Innovation: https://tech.ebu.ch/loudness (По состоянию на 27 июня 2016)

[4] GitHub: http://webaudio.github.io/web-audio-api/ (По состоянию на 27 июня 2016)

[5] http://perso.limsi.fr/katz/Katz_publist_web.html: B. Katz and G. Parseihian, “Perceptually based head-related transfer function database optimization,” J. Acoust. Soc. Am., vol. 131, no. 2, pp. EL99–EL105, 2012, (doi:10.1121/1.3672641)

[6] IRCAM: http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/download.html (По состоянию на 04 июля 2016)

[7] Wenzel 1993, E. M. Wenzel, D. J. Kistler, and F. L. Wightman, “Localization using non-individualized head-related transfer functions," J. Acoust. Soc. Am., vol. 94, pp. 111-123, 1993.

[8] Moller 1996, H. Moller, “Binaural technique: Do we need individual recordings?" J. Audio Eng. Soc., vol. 44, pp. 451-469, 1996.

[9] Begault 2001, D. R. Begault, E. M.Wenzel, and M. R. Anderson, “Direct comparison of the impact of head tracking, reverberation, and individualized head-related transfer functions on the spatial perception of a virtual speech source," J. Audio Eng. Soc., vol. 49(10), pp. 451-469, 2001.

[10] Blauert 1996, J. Blauert, “Spatial Hearing - Revised Edition: The Psychophysics of Human Sound Localization”. The MIT Press, 1996.

[11] Zwicker 1999, E. Zwicker and H. Fastl, “Psychoacoustics: Facts and models.” Springer-Verlag, 1999.

[12] Michaud 2013, P.-Y. Michaud, S. Meunier, P. Herzog, M. Lavandier, G. Drouet d’Aubigny, “Perceptual Evaluation of Dissimilarity Between Auditory Stimuli: An Alternative to the Paired Comparison”, Acta Acustica united with Acustica, vol. 99, pp. 806-815, 2013.

10 Биографии авторов

Dr Rozenn Nicol

После обучения звукорежиссуре в Ecole Louis Lumière, Rozenn Nicol получила в 1996 г. диплом инженера (CNAM) по физике и акустике и диплом магистра наук в University of Maine (Le Mans). В 1999 г. она получила докторскую степень по теме «Ориентация звука в пространстве в обширной зоне: применение для телеприсутствия и видеоконференций». В 2000 г. она пришла в Orange Labs, научно-исследовательский департамент France Telecom, инженером в области пространственного звука. Ее работа в основном касается бинаурального синтеза, синтеза волновых полей и амбиофонии высшего порядка. Она принимает участие в развитии и интеграции технологий ориентации звука в пространстве для конференций, модернизации звука, передачи музыкального или аудиовизуального контента, человеко-машинных интерфейсов и виртуальной реальности.

Marc Emerit

Marc Emerit – опытный ученый в области обработки цифрового аудиосигнала с большой практикой в области технологических инноваций и обмена, развития услуг IP и телекоммуникаций, руководства, подготовки высококвалифицированных инженеров и ученых. Эксперт в области цифровых аудио эффектов, пространственного звука, кодирования речи / звука и архитектура обработки звука для служб связи, бытовой электроники, компьютерной музыки и игр.

Edwige Roncière

Edwige Roncière в 1982 г. начала работу в Radio France звукоинженером. Она окончила Ecole Nationale Supérieure Louis Lumière, Conservatoire National des Arts et Métiers и Conservatoire National Supérieur de Musique et de Danse de Paris. В настоящее время руководит департаментом качества и инноваций в производственном офисе Radio France. Руководит научно-технической работой Radio France в консорциумах BILI (Binaural Listening) и EdiSon3D.

Hervé Déjardin

Herve Déjardin – звукоинженер, сейчас работает в департаменте качества и инноваций Radio France над развитием многоканального и бинаурального звука. Также участвует в работе консорциума Bili (Binaural Listening), который включает Radio France в качестве партнера.

Опубликовано European Broadcasting Union, Женева, Швейцария
ISSN: 1609-1469
Главный редактор: Simon Fell
Ответственный редактор: Shannon Frame
E-mail: frame@ebu.ch

Ответственность за мнения, выраженные в данной статье, лежит исключительно на авторе(ах).