

Кроссплатформенное приложение для диагностики и профилактики тиннитуса

УДК 004.9



Андрей Урбанович,
старший преподаватель кафедры
системного программирования
и компьютерной безопасности
Гродненского государственного
университета им. Янки Купалы;
urbanovichwork@gmail.com



Александр Кадан,
завкафедрой системного
программирования и компьютерной
безопасности Гродненского
государственного университета
им. Янки Купалы, кандидат
технических наук, доцент;
kadan.alexander.m@gmail.com,



Светлана Зайкова,
доцент кафедры системного
программирования и компьютерной
безопасности Гродненского
государственного университета
им. Янки Купалы,
кандидат физико-
математических наук;
sunny@mf.grsu.by

Информационные технологии, в том числе специализированные программные продукты и мобильные приложения, стали незаменимым помощником и движущей силой во многих сферах деятельности. Они не только делают комфортной работу специалистов и упрощают взаимодействие с потребителями, но и помогают обрабатывать и систематизировать большие объемы данных за относительно короткое время [1–3]. Самые технологичные и востребованные решения в данный момент разрабатываются в сферах цифровой экономики, финансов, безопасности, систем дистанционного образования, и, конечно, медицины, с которой непосредственно связано представленное исследование.

Информационные технологии здравоохранения – это обработка информации с использованием как компьютерного оборудования, так и программного обеспечения, которое занима-

ется хранением, поиском, совместным использованием медицинских данных и знаний для связи и принятия решений, их элементы могут быть объединены в сеть для создания систем обмена информацией о состоянии здоровья [4, 5].

В рамках данной работы изучены способы применения информационных технологий для помощи людям, страдающим нарушением слуха, в частности тем, у кого диагностируется тиннитус – состояние, при котором характерно возникновение шума и гула в ушах без внешней на то причины. Оно способно значительно ухудшать качество жизни и может быть следствием ряда заболеваний, включая сердечно-сосудистые и неврологические.

Специализированные медицинские издания указывают на то, что у пяти процентов всего населения отмечается хронический, доминирующий тиннитус. Пациенты в этом случае обращают все большее внимание на усиливающийся шум, постоянно концентрируются на нем. Возникает порочный круг, включающий в себя перенапряжение, невозможность организации полноценного отдыха, бессонницу, раздражительность, в ряде случаев – необъяснимые страхи. Некоторые из них смиряются с такими проблемами. Однако медицинские и информационные технологии в своей коллаборации позволяют бороться за более высокое и достойное качество жизни.

Практическая значимость исследования состоит в реализации кроссплатформенного приложения, предназначенного для диагностики тиннитуса у пациента и подбора для него индивидуального маскирующего шума. Разработка обеспечивает возможность программно-аппаратной генерации звука с возможностью настройки частоты и громкости, реализуемой при помощи синусоидальной звуковой волны, а также проведение тональной аудиометрии с использованием смартфона и калибровку наушников для такой аудиометрии вне зависимости от их модели и качества.

Инструменты и методы генерации звука для аудиометрии

Для создания мобильного приложения был выбран фреймворк Flutter (Dart) – молодая и очень многообещающая платформа, уже обратившая на себя внимание крупных компаний. Она отличается простотой разработки, сравнимой с реализацией веб-приложений, и скоростью работы наравне с другими популярными нативными при-

ложениями [6]. К достоинствам Flutter, оказавшим влияние на выбор, можно отнести следующее:

- это бесплатный кроссплатформенный фреймворк с поддержкой от Google;
- прост в использовании и тестировании;
- имеет большое сообщество и хорошую базу уроков и примеров;
- позволяет писать и применять нативный код для Android и iOS, а также подключать C++ библиотеки.

Основной частью созданного авторами приложения является логика генерации звука определенной частоты, громкости и восприимчивости, независимо от поставленных в конкретный момент целей – будь то проведение тональной аудиометрии или сеансов шумометрии. Поэтому в первую очередь требовалось решить задачу элементарной реализации генерации звука заданной частоты.

Наиболее простая форма звуковой волны – синусоидальная. При наличии всех переменных, требуемых для получения звука, а именно частоты, необходимой для этого, и частоты дискретизации аудио, очевидным вариантом реализации является следующая запись:

$$\sin \left(i * \left((2 * \pi i) * \frac{f}{sampleRate} \right) \right), \quad (1)$$

где i – индекс итерации цикла (начинающийся с 0; его максимальное значение зависит от требуемой длины данного звука),

f – частота необходимого в эксперименте звука (125, 250, 1000, 5000 и т.д.),

$sampleRate$ – частота дискретизации, от которой зависит, насколько большее значение f можно будет применить (в качестве текущего берется стандартное 44100 Гц, что позволит генерировать звук до 20000 Гц).

Используя формулу (1), мы получим непрерывный звук нужной частоты, но помимо этого нам также необходима возможность регулировать амплитуду, которая фактически изменяет его громкость воспроизведения.

Для расчета амплитуды необходимо задействовать весовую функцию A (A -weighting) – наиболее часто используемую из семейства кривых, определенных в международном стандарте IEC/CD 1672 и различных национальных, касающихся измерения уровня звукового давления.

Весовая функция A применяется к измерению инструментами уровней звука, чтобы учесть относительную громкость, воспринимаемую человеческим ухом, поскольку оно менее чувствительно к низким звуковым частотам. A -weighting используется путем арифметического добавления значений из таблицы, в которой перечислены октавы, к измеренным уровням звукового давления в дБ. Результирующий логарифмический метод обычно применяют, чтобы получить единственное значение весовой функции A , описывающее звук; единицы измерения записываются как дБ(A). Также есть и другие весовые функции – B , C , D и Z .

Таким образом при помощи A -weighting мы сможем вести расчеты в удобных для анализа и демонстрации единицах измерения дБ(A).

Согласно упомянутому ранее стандарту, для расчетов нам понадобятся следующие константы: 20.598997, 107.65265, 737.86223, 12194.217 и частота звука, необходимого для соответствующей эксперименту генерации.

Сама же функция расчета включает в себя:

$$-\left(10 * \log \left(\frac{pow(10,16) * 3.5 * pow(f,8)}{pow(20,6^2 + f^2, 2) * (107,65^2 + f^2) * (737,86^2 + f^2) * pow(12194,22 + f^2, 2)} \right) \right), \quad (2)$$

где f – частота необходимого для генерации звука.

Таким образом мы получаем значение весовой функции A , которое сможем в последующем использовать для расчета амплитуды. Функция генерации звука в таком случае будет учитывать следующее: для того чтобы достичь желаемого эффекта воспроизведения «пикающего» звука, нам необходимо использовать функцию «противоположную» косинусу в качестве модификатора:

$$Ampl * \sin \left(i * \left((2 * Pi) * \frac{f}{sampleRate} \right) \right). \quad (3)$$

Идея авторов работы состоит в том, чтобы в рамках продолжительности текущего звукового сигнала (приблизительно секунды), половину от этого времени заменить тишиной, а вторую оставить без изменений, как продемонстрировано на *рис. 1*.



Рис. 1. Построение сигнала для эксперимента

Фактически реализация данной задумки состоит в обычном условии проверки. При генерации модификатора протяженности размером в экспериментальный звук (одна секунда), если мы находимся в первой половине сигнала – возвращать единицу, иначе – значение, равное нулю.

Изменение уровня звука на заданных частотах

В рамках исследования тиннитуса одной из методик профилактики было выбрано воспроизведение пациенту аудиофайла с измененным уровнем звука (дБ) на определенных частотах, в зависимости от результатов шумометрии, которую он заранее проходит для идентификации того, как приблизительно может выглядеть звуковая волна его шума.

Самой очевидной возможностью изменения уровня звука по частотам является телефонный эквалайзер, позволяющий усиливать или уменьшать его на определенном наборе заданных частот. Фактически эквалайзер представляет собой граф с ползунками для увеличения/уменьшения дБ звука по частотам (*рис. 2*).

Следует отметить, что его работа и возможности зависят от конкретного смартфона, на котором работает приложение. Обычно эквалайзер состоит из 5 частот: 60, 230, 910, 4000, 14000 Гц и может менять уровень звука в пределах +/- 15 дБ. В настоящее время уже появился ряд моделей мобильных устройств, в которых заложена возможность влиять и на более широкий спектр частот.

С учетом этих особенностей данный метод изменения звука не очень подходит поставленным целям по двум причинам.

Ограниченный набор частот. В процессе шумометрии исследовались 10 частот и был получен уровень звука шума пациента по каждой из них. Соответственно, изменение звука на базе 5 вариантов будет не сильно эффективным. Помимо этого, каждый телефон имеет свой набор частот, а часть устройств не снабжены эквалайзером вовсе. Перед авторами же стояла задача

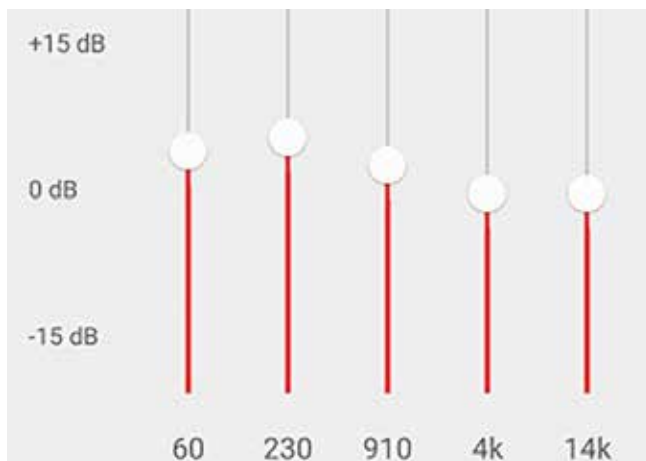


Рис. 2. Экспериментальный эквалайзер

создать приложение для максимально широкой аудитории.

Неизвестен уровень шума на определенном моменте времени для частоты, можно только усиливать или уменьшать звук, а для процедур необходимо задавать максимально точные значения на базе пройденной аудиометрии.

Для изменения уровня звука на заданных частотах необходимо использовать быстрое преобразование Фурье (БПФ) [7]. В итоге данные преобразования проводились в Unity посредством языка C#; готовый модуль интегрировался во Flutter приложение.

Алгоритм состоит в следующем.

- Собираем данные аудиофайла со всех каналов в один массив.
- Определяем количество итераций, необходимых для обработки данных из массива через 1024 сэмпла.
- Для каждой из итераций забираем 1024 сэмпла из массива аудиоданных и преобразовываем их через БПФ, получая данные небольшого участка аудиофайла.
- Обрабатываем полученное, заменяя данные там, где амплитуда частоты превышает определенный порог, и выставляем уровень звука на необходимое для этой частоты количество децибел.
- Проводим обратное преобразование Фурье и записываем итоговые данные в аудиофайл, который впоследствии воспроизводим.

Кроме того, на следующем этапе реализовано еще несколько функций по изменению звука, которые также призваны помочь в профилактике тиннитуса. Например, выре-

зание из звука частот, на которых у пациента в наивысшей степени наблюдается шум.

Данные о прохождении профилактики, а также ее результатах (оцениваются как пациентом, так и лечащим врачом), в рамках тестирования программного решения врачом-оториноларингологом в условиях Гродненской университетской клиники, с согласия пользователя, в настоящее время собираются приложением на сервере для последующей обработки и внесения дополнений в методику и функционал приложения с доказательной базой по профилактике тиннитуса.

В статье предложены новые инструменты и методические подходы, связанные с диагностикой в здравоохранении. Спроектировано и успешно реализовано современное программное средство, предназначенное для проведения диагностики тиннитуса и подбора для пациента индивидуального маскера шума. Новое программное решение может помочь специалистам-оториноларингологам проводить диагностику и профилактику тиннитуса у максимально широкой аудитории пациентов. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Урбанович А.И. Расширение возможностей языка разметки AIML для создания интеллектуальных чат-ботов / А.И. Урбанович, А.М. Кадан // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019): материалы Международной научной конференции, Минск, 30 октября 2019 г. – Минск, 2019.
2. Кадан А.М. Детектирование наличия скрытой информации в цифровых изображениях с использованием методов машинного обучения / А.М. Кадан, И.А. Сазановец // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019): материалы Международной научной конференции, Минск, 30 октября 2019 г. – Минск, 2019.
3. Зайкова С.А. Мобильное приложение с использованием AR-технологий для визитных карт / С.А. Зайкова [и др.] // Актуальные теории, концепции, прикладной характер современных научных исследований: сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 30–31 мая 2019 г. – СПб., 2019.
4. Дюк В.А., Эммануэль В.С. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб., 2003.
5. Арунянц Г., Столбовский Д.Н., Калинин А.И. Информационные технологии в медицине и здравоохранении. – Ростов н/Д., 2009.
6. Заметти Ф. Flutter на практике. – М., 2020.
7. Гоулд Б., Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М., 1978.

