

Экологические требования определяются интересами охраны окружающей среды. В последние годы вопросы охраны окружающей среды приобретают все большую остроту, что определяет необходимость строгого соблюдения принципа наименьшего вмешательства в природную среду при проектировании и строительстве искусственных сооружений.

УДК 658.5.017.7

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПО СЛУХУ

*Н. В. РЯЗАНЦЕВА, Е. А. ЖИДКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В состав систем обеспечения безопасности достаточно часто включаются системы оповещения. Однако использование таких систем людьми с ограниченными возможностями по слуху затруднительно, а иногда и невозможно. Системы для слабослышащих или слабовидящих, занимающие пограничную с медициной область, на рынке представлены мало.

Авторы разработали нейросетевую систему, которая в реальном времени анализирует окружающую обстановку, определяет источники и характер звуков, а также классифицирует данные звуки по категориям с дальнейшим уведомлением пользователя. Так как основными пользователями системы являются люди с ограниченными возможностями по слуху, категории звуков включают в себя основные бытовые события с возможностью дополнительного обучения (плач ребенка, звонок в дверь, звуковые уведомления бытовой техники и т. д.) на усмотрение пользователя. Разрабатываемая система включает в себя аппаратную часть, программный модуль обработки звуков, программный модуль для формирования и обмена уведомлениями, а также приложение для мобильного телефона для обработки данных уведомления.

Для решения поставленной задачи система должна обладать возможностью идентификации звука и сопоставления записанной звуковой волны с готовыми паттернами. Отсюда можно выделить несколько подзадач, которые требуется рассмотреть: получение оцифрованной звуковой волны, математическая обработка данных для получения цифрового отпечатка, обучение нейронной сети готовым набором цифровых последовательностей, верификация обученной нейронной сети. Качество обработки данных имеет ключевое значение и непосредственно влияет на результат распознавания, так как малое количество отсчетов при оцифровке сигналов или низкая разрешающая способность АЦП негативно скажутся на качестве выборки, что ухудшит качество распознавания нейронной сети в целом. Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

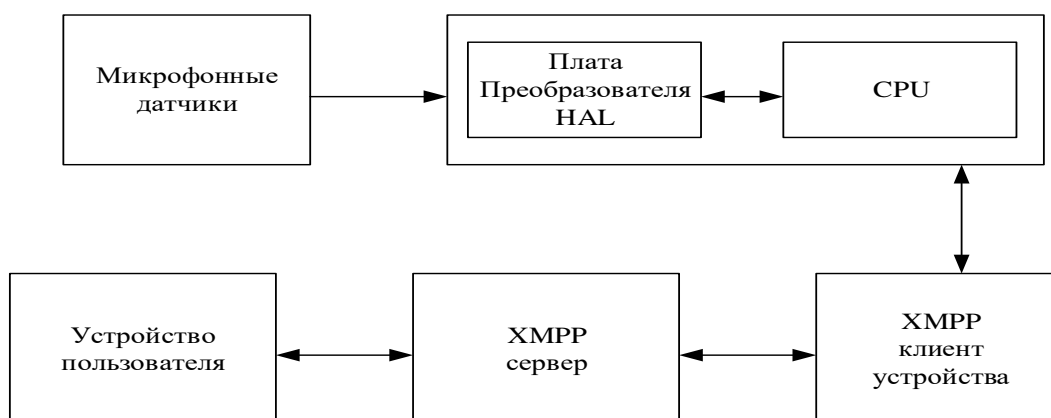


Рисунок 1 – Структурная схема системы идентификации звуков

Аппаратная часть разрабатываемого комплекса представлена микрофонным модулем, подключенным к микропроцессорной системе под управлением ОС Linux.

В основе модуля лежит микросхема WM8960, которая представляет собой аудиокодек с низким энергопотреблением

Чтобы обеспечить полный программный контроль над всеми функциями, WM8960 использует двухпроводной интерфейс управления. Он полностью совместим и является идеальным партнером для широкого спектра стандартных микропроцессоров, контроллеров и DSP. Неиспользуемые схемы можно отключить с помощью программного обеспечения для экономии энергии. В качестве микропроцессорного модуля был выбран Raspberry Pi 3 Model B – полноценный бесшумный компьютер размером с банковскую карту с 64-битным четырехядерным процессором ARM Cortex-A53 на однокристальном чипе Broadcom BCM2837.

Задачи, которые выполняет ПО, – это аппаратный захват аудиосигнала, предобработка, сопоставление с образцами, принятие решения, формирование уведомления, работа с пользователем. Разработка программного обеспечения выполнена на языке Python.

Программное обеспечение включает в себя управляющий модуль, написанный на языке Python, отвечающий за непрерывный захват и предобработку аудиопотока, полученного непосредственно с микрофонных датчиков. Также в состав ПО входит модуль цифровой обработки и распознавания, в его зону ответственности входит формирование цифровых отпечатков, передача их в нейронную сеть. За отправку уведомлений отвечает модуль обмена, на котором реализован клиент XMPP IoT.

Разрабатываемая система непрерывно фиксирует акустическое окружение посредством HAL-модуля, при этом ключевыми параметрами являются быстродействие и малая ресурсоемкость подсистемы захвата. Обработка через аудиострим непосредственно с HAL не должна вносить задержку в обработку, превышающую 100 мс, применение быстрого преобразования Фурье и анализа превышения порога звука может исключить подсистему предобработки в некоторых пороговых случаях, и сформировать уведомление непосредственно на этапе захвата. Предобработка включает в себя шумоподавление, спектральный анализ, формирование отпечатка аудиосигнала, который в дальнейшем будет сопоставлен с готовыми образцами, полученными на этапе обучения системы. Если аудиосигнал по отпечатку удалось идентифицировать, система формирует уведомление для пользователя, которое включает в себя временные отметки, место и характер сигнала. Сформированное уведомление высылается пользователю через IOT-XMPP клиент, сконфигурированный заранее.

В структуру модуля цифровой обработки и распознавания входят искусственная нейронная сеть (ANN), реализация поставленной задачи включает в себя формирование структуры ANN, обучение тестовыми последовательностями, а также последующую верификацию. Построение структуры ANN выполнено посредством библиотеки PyTorch, использование данной библиотеки обусловлено ее доступностью и большим объемом обучающего материала. При разработке мобильного приложения использовался готовый стандарт для передачи сообщений. В качестве транспорта для передачи данных был использован протокол XMPP. Данное решение обладает рядом преимуществ, в число которых входят: открытость программного кода для написания клиентов и серверных модулей, высокая масштабируемость, наличие плотной сети преднастроенных серверов. Клиентские XMPP приложения для Android и IOS также широко распространены, что позволяет значительно снизить стоимость разработки прототипа. В основе механизма обмена лежит XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) – расширяемый протокол обмена сообщениями и информацией о присутствии, основанный на XML, свободный для использования протокол для мгновенного обмена сообщениями и информацией о присутствии (см. список контактов) в режиме, близком к режиму реального времени. Изначально спроектированный легко расширяемым протокол помимо передачи текстовых сообщений поддерживает передачу голоса, видео и файлов по сети. Когда серверное и клиентское приложения запущены, пользователь имеет возможность конфигурации сервера через клиентскую часть простыми командами чата, это позволяет вручную конфигурировать интервалы уведомлений, приходящих со стороны программно-аппаратного комплекса, а также конфигурировать типы событий, которые могут активировать те или иные уведомления. Данный механизм основан на классе XMPP нотификатор и может быть промасштабирован при переходе от прототипа к разработке реального устройства.