

показывающие эффективность такого подхода, однако исследования проводились с использованием данных, полученных в лабораторных условиях. В реальных условиях появляется множество артефактов из-за различных причин: двигательная активность, измерения во внешней среде. Избавиться от данных артефактов и повысить точность измерений возможно с применением технических и программных средств.

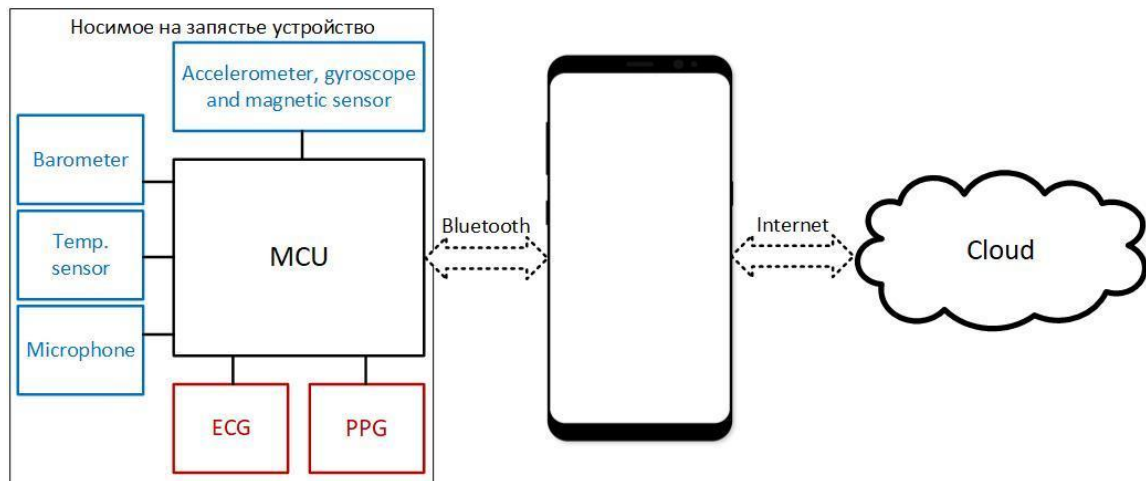


Рисунок 1 – Схема носимого устройства и системы взаимодействия

Применение современных комбинированных датчиков фотоплетизмографии, использующих свет с различной длиной волны, позволяет снимать с большей точностью кривую PPG и уровень сатурации кислородом крови.

Использование алгоритмов машинного обучения позволяет измерять давление с большей точностью. Для этого используется FFT кривой PPG и значение PWTT (Pulse Wave Transit Time – время распространения пульсовой волны)[3]. Использование данных о физической активности, данных о внешней среде и нескольких каналов PPG совместно с нейронной сетью позволяет дополнительно повысить точность измерения.

Вся система включает в себя носимое устройство, мобильное приложение и серверную часть. Серверная часть состоит из веб-сервиса, базы данных и модели сверточной и рекуррентной нейронной сети для определения артериального давления. Программное обеспечение носимого устройства включает модель машинного обучения для классификации активности.

**Список использованных источников:**

1. Xia Tan, Zhong Ji, Yadan Zhang, "Non-invasive continuous blood pressure measurement based on mean impact value method, BP neural network, and genetic algorithm", Technol Health Care, 26(Suppl 1): 87–101, 2018.
2. Peng Su, Xiao-Rong Ding, Yuan-Ting Zhang, Jing Liu, Fen Miao, Ni Zhao, Long-term Blood Pressure Prediction with Deep Recurrent Neural Networks, arXiv preprint:1705.04524v3 [cs.LG], 2018.
3. Xiaoman Xing, Mingshan Sun, "Optical blood pressure estimation with photoplethysmography and FFT-based neural networks", Biomed Opt Express, 7(8): 3007–3020, 2016.

## ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТЕКТОРА ГОЛОСА В СЛУХОВОМ АППАРАТЕ

*Лайша А.И.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Вашкевич М.И. – к.т.н., доцент*

Слуховые аппараты — это электронные устройства, которые усиливают звуки выше порога слышимости пользователя с нарушениями слуха. Многие из пользователей слуховых аппаратов жалуются на дискомфорт восприятия их собственного голоса. При закрытии слухового канала слуховым аппаратом усиливаются низкочастотные компоненты голоса, а высокочастотные компоненты ослабляются ввиду звуковой проводимости костей. Это явление называется «эффект окклюзии» и является одной из критических проблем при ношении слуховых аппаратов.

Эффект окклюзии — причина, по которой пользователи жалуются на раздражающие или неестественные звуки. Проблема заключается в том, что из-за звуковой проводимости костей

звуковое давление низкочастотной составляющей речи (до 200 Гц), повышается на 15 дБ и более. Это приводит к снижению пользы слухового аппарата для пользователя и часто удерживает людей от ношения слуховых аппаратов. Также, если слуховой аппарат имеет алгоритм шумоподавления / классификации среды, собственный голос пользователя может быть ошибочно определен как желаемая речь.

В настоящее время используются чаще всего используется схема уменьшения эффекта окклюзии, показанная на рисунке 1,а. Есть несколько способов, которые помогают улучшить существующую схему:

1) Первый способ заключается в улучшении преобразователя. Принцип действия схемы на рисунок 1,б такой же как и в схемы на рисунке 1,а. Основное различие между схемами (а) и (б) состоит в том, что вторая имеет отличную структуру приемника и внутреннего микрофона. Преобразователь имеет только одну трубку, которая обычно используется в качестве звукового порта приемника и внутреннего микрофона. Эта структура улучшает фазовый отклик, поскольку путь между приемником и внутренним микрофоном меньше и проще.

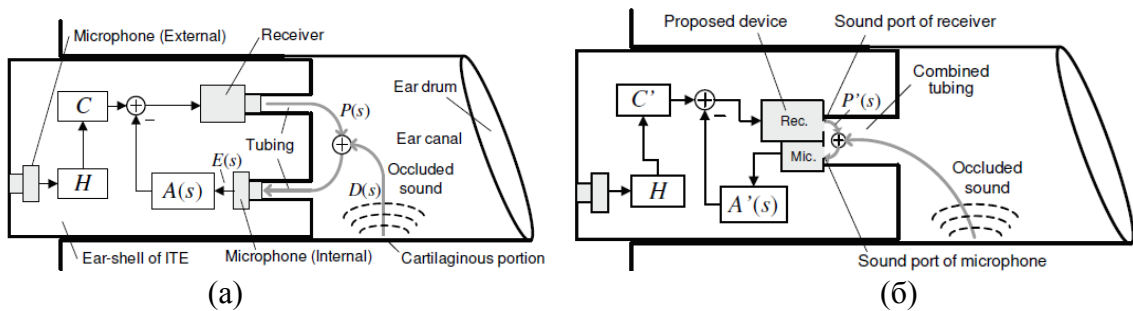


Рисунок 1 – (а) Обычная система (б) Схема системы уменьшения окклюзии

2) Активное подавление окклюзии (АПО) с помощью сквозного выравнивания для наушников. Данная система состоит из акустического интерфейса и электронного интерфейса, включая аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналогового преобразования. Акустический интерфейс реализован наушниками-вкладышами, которые содержат не только динамик, но и два микрофона. Один микрофон необходим для записи окружающего звука, и один микрофон обращен к барабанной перепонке, чтобы захватить в ухе звук. Обработка сигналов электронного интерфейса состоит из двух частей: АПО для ослабления усиленных костно-проводящих компонентов и сквозной сигнал для восстановления воздухопроводящих компонентов, которые были заблокированы. Цикл обратной связи реализован в виде не зависящего от времени контроллера  $K(z)$ , масштабированного с адаптивным коэффициентом. Его цель состоит в том, чтобы рассчитать сигнал подавления  $y(n)$ , который подавляет нежелательные участки сигнала в ушном канале.

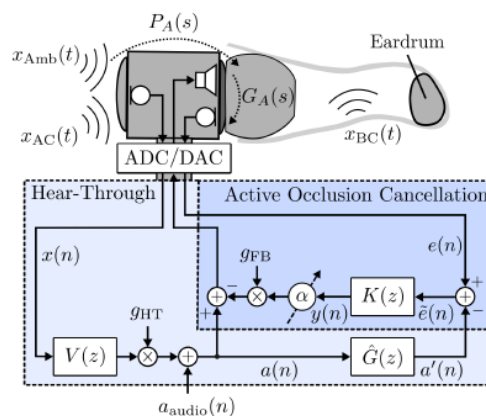


Рисунок 2 – Схема реализации активного подавления окклюзии

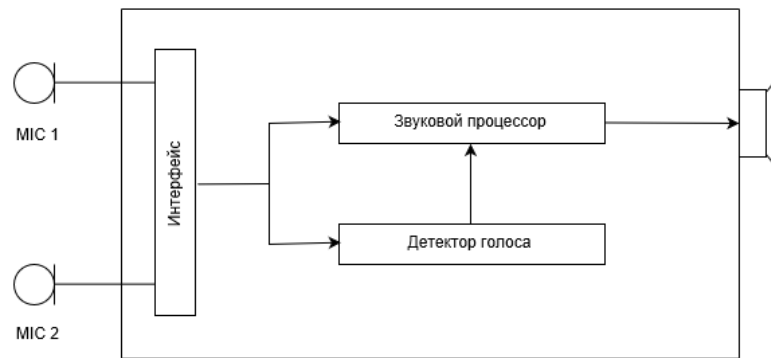


Рисунок 3 – Схема реализации слухового аппарата с встроенным детектором голоса

Негативный эффект окклюзии в момент восприятия собственного голоса может быть ослаблен за счет специализированной обработки звукового сигнала. Однако для определения момента активации специальных методов обработки нужен модуль детектора голоса. Пример такой системы показан на рисунке 3. Детектор голоса обнаруживает собственный голос пользователя и сигнализирует звуковому процессору о том, обнаружен ли конкретно голос пользователя. Как только собственный голос пользователя обнаружен, в звуковом процессоре запускаются соответствующие процедуры обработки. При обнаружении системой голоса пользователя, звуковой процессор может выполнять следующее: уменьшение усиления голоса пользователя, управление процессом предотвращения окклюзии, а также контроль процесса классификации среды. В конце звуковой процессор обрабатывает акустические сигналы, принятые первым и вторым микрофонами, и подает сигнал в приемник для формирования звукового сигнала для пользователя устройства.

**Список использованных источников:**

1. Patel I., Rao Y.S., Speech recognition using hidden markov model with MFCC-subband technique // International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing, 2010. – Pp. 168-172.
2. Rabiner L., Juang B.-H. Fundamentals of speech recognition – Prentice Hall. – 1993, 507 p.
3. Luo, Fa-Long, et al., "Recent Developments in Signal Processing for Digital Hearing Aids", IEEE Signal Processing Magazine, (Sep. 2006), 103-106.
4. X. Huang, A. Acero. Spoken language processing: a guide to theory, algorithm, and system development, Prentice Hall. – 2001, 1008 p
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1104 с.
6. Stefan Liebich, Raphael Brandis, Johannes Fabry, Peter Jax, Peter Vary., "Active occlusion cancellation with hear-through equalization for headphones", Institute of communication systems RWTH Aachen University.
7. Masahiro Sunohara, Masatoshi Osawa, Takumi Hashiura and Makoto Tateno., Occlusion reduction system for hearing aids with an improved transducer and an associated algorithm, 3-20-41, Higashimotomachi, Kokubunji, Tokyo, 185-8533 Japan.

## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ДЕФЕКТОВ РЕЧИ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗМА ЗВУКОВОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

*Лукашик Р.В.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Г. Минск, Республика Беларусь*

*Лихачев Д.С. – к.т.н., доцент*

Для коррекции дефектов речи обычно необходим специалист-логопед, однако присутствие врача-логопеда затратно как в экономическом плане, так и с точки зрения времени. Поэтому этот процесс по возможности стараются автоматизировать не в ущерб качеству исправления дефекта. Для этого необходим надежный механизм определения правильности выполнения упражнений. В данной работе в качестве такого механизма рекомендуется сбор статистики по основному тону.

Человеческая речь осуществляется посредством совместной работы мышц трех отделов периферического речевого аппарата: дыхательного, голосового и артикуляционного. Работу трех