

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ УРОВНЯ ГРОМКОСТИ ПРИ ПЕРЕНОСЕ ЧАСТОТ В РЕЧЕВОМ СИГНАЛЕ

Порхун М.И.

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

Вашкевич М.И. – к.т.н., доцент

Рассмотрен метод компенсации уровня громкости при переносе частот в речевом сигнале. Метод сводится к обработке сигнала таким образом, чтобы при переносе из высокочастотной части спектра речевого сигнала в низкочастотную область компенсировать уровень громкости переносимого частотного диапазона. Метод заключается в вычислении компенсирующих коэффициентов для переносимой частотной полосы сигнала. В работе приведён пример компенсации уровня громкости сигнала при переносе адаптивной высокочастотной полосы спектра речевого сигнала в фиксированную низкочастотную область спектра.

Большинство людей, страдающих от потери слуха, сохраняют способность к восприятию низкочастотных звуков. При этом, как правило, они теряют способность слышать высокочастотные звуки. Это приводит к тому, что у слабослышащего человека затруднено восприятие многих согласных звуков, энергия которых сосредоточена в высокочастотной области спектра. В зависимости от степени потери слуха, простое частотно-зависимое усиление компонентов сигнала часто оказывается неэффективным при попытке улучшить разборчивость высокочастотных компонентов звука. Так происходит поскольку часть волосковых клеток в улитке уха, отвечающих за восприятие высокочастотных звуков, мертвы [1]. Решением данной проблемы может служить перенос высокочастотных компонентов звука в низкочастотную область, в которой тугоухий человек сохраняет возможность восприятия.

Слуховая система человека нелинейно воспринимает звук – она имеет разную чувствительность к звукам с разными частотами [2]. Поэтому перенос полосы частот из высокочастотной области спектра в низкочастотную область приведет к неизбежным искажениям уровня сигнала. Чтобы уменьшить искажения предлагается использовать концепцию равной громкости [3], которая отражает тот факт, что слуховая система человека имеет разную чувствительность к разным частотам [4].

Кривые равной громкости (рисунок 1) показывают, какое звуковое давление необходимо создать, чтобы различные частоты воспринимались человеком одинаковыми по громкости [5].

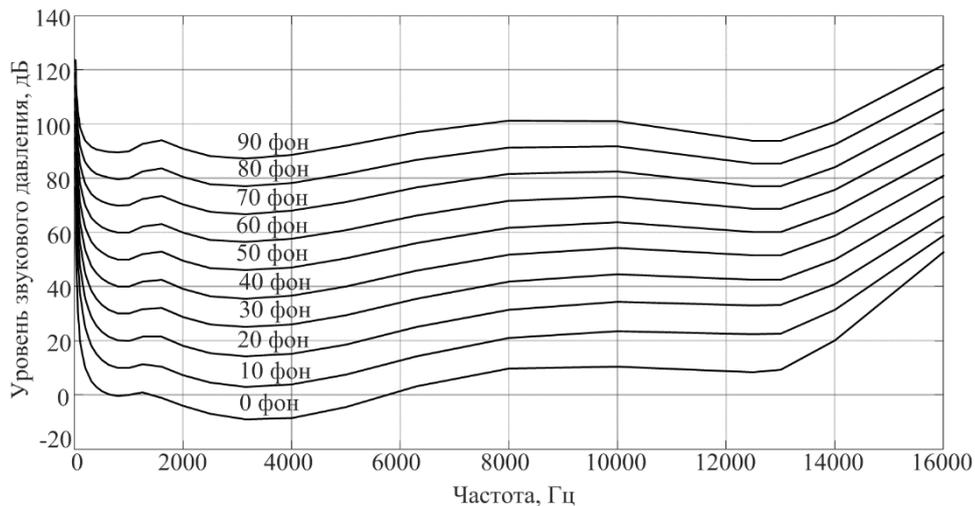


Рисунок 1 – Кривые равной громкости

Для переноса частот выбираются две полосы: исходная (откуда происходит перенос) и целевая (куда смещается исходная полоса). В работе выбрана целевая полоса 750 – 1750 Гц, а исходная полоса выбирается адаптивно и имеет ширину полосы 1 кГц. Обработка сигнала осуществляется фрейм за фреймом.

В предлагаемом методе кривые равной громкости используются для расчета разницы в уровне звукового давления (УЗД) между исходной и целевой полосами спектра, а также для вычисления весовых коэффициентов [3].

Для определения весовых коэффициентов выполняются следующие шаги:

- 1) вычислить уровень сигнала для i -й частоты исходной полосы;

- 2) определить, какой кривой равной громкости соответствует вычисленный на первом шаге уровень сигнала (то есть, определить УЗД);
- 3) по найденному УЗД определить УЗД для i -й частоты целевой полосы спектра;
- 4) найти разницу между вычисленными уровнями УЗД на предыдущих шагах;
- 5) по формуле 1 вычислить весовой коэффициент для i -й частоты целевой полосы.

Для компенсации уровня сигнала при переносе частот i -й частотный компонент целевой полосы умножается на полученный весовой коэффициент. Аналогичным образом вычисляются коэффициенты для остальных компонентов исходной полосы.

$$G(i) = 10^{g/20} \quad (1)$$

где g – разница между УЗД, найденная на шаге 4.

Проверка предлагаемого метода компенсации уровня громкости производилась на речевом сигнале. Спектрограмма исходного речевого сигнала приведена на рисунке 2. Спектрограммы обработанного речевого сигнала с и без учёта применения метода компенсации уровня громкости представлены на рисунках 3 и 4, соответственно.

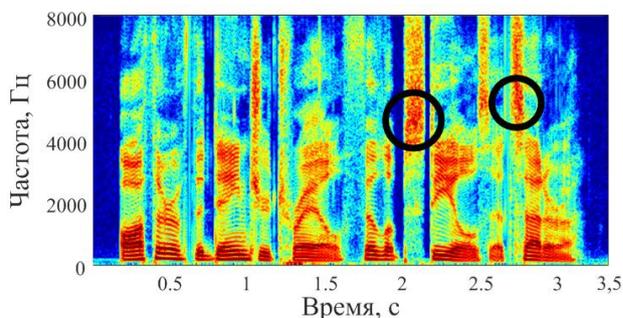


Рисунок 2 – Спектрограмма исходного речевого сигнала

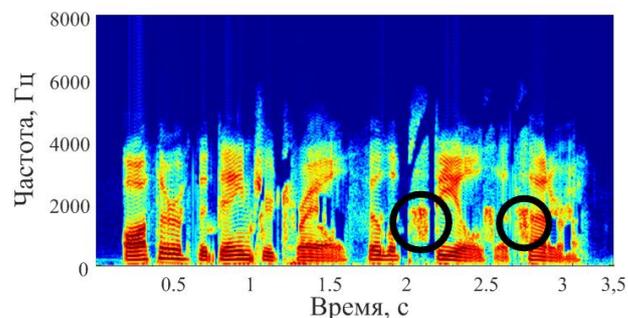


Рисунок 3 – Спектрограмма обработанного речевого сигнала (без компенсации уровня громкости)

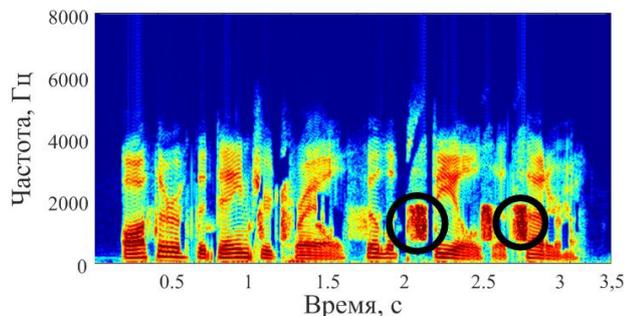


Рисунок 4 – Спектрограмма обработанного речевого сигнала (с применением метода компенсации уровня громкости)

В качестве примера в работе используется входной речевой сигнал с частотой дискретизации 16 кГц. Он разделяется на фреймы длительностью 16 мс и умножаются на окно Хемминга. Переносятся только фреймы, содержащие в себе согласные звуки. Полоса 750 – 1750 Гц выбрана в качестве целевой. Исходная полоса также имеет ширину 1 кГц, а её центральная частота выбиралась адаптивно в зависимости от того в какой области сосредоточена основная энергия сигнала. Для имитации потери слуха, обработанный сигнал пропущен через фильтр нижних частот с частотой среза 3000 Гц.

В работе предложен метод компенсации уровня громкости при переносе высокочастотных компонентов речевого сигнала в низкочастотную область. Особенностью метода является применение в нём концепции равной громкости, использование которой позволяет выполнять перенос частот в речевом сигнале, согласованный с работой слуховой системы человека. Работоспособность метода подтверждена результатами MATLAB-моделирования.

Список использованных источников:

1. Simpson A. Frequency-lowering devices for managing high-frequency hearing loss: A review / A. Simpson // Trends in Amplification. – 2009. – Vol. 13, № 2. – P. 87 – 106.
2. Королёва И. В. Введение в аудиологию и слухопротезирование / И. В. Королёва. – СПб.: КАРО, 2012. – 400 с.
3. Liu Y., Chang R. Y., Tsao Y., Chang Y. A new frequency lowering technique for Mandarin-speaking hearing aid users / Y. Liu, R. Y. Chang, Y. Tsao, Y. Chang // IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP), Orlando, FL. – 2015. P. 722 – 726.

4. Fletcher H., Munson W. Loudness, its definition, measurement and calculation / H. Fletcher, W. Munson // Journal of the Acoustic Society of America. – 1933. – Vol. 5. – P. 82 – 108.

5. ISO 226:2003. Acoustics – Normal Equal-Loudness Level Contours / International Organization for Standardization, – Geneva, Switzerland. – 2003.

НЕЙРОИНТЕРФЕЙС НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ СИМУЛЯЦИИ.

Щуцкий Н.А., Розум Д.В.

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

Вашкевич М.И. – к.т.н., доцент

Современный интерес к искусственному интеллекту и соответствующее развитие необходимых технологий привело к возможности в реальном времени решать задачи машинного обучения и анализа данных с высокой точностью, что стало инициатором появления технологий вроде самоуправляемых автомобилей и адаптивного шумоподавления. В свою очередь мы предлагаем попытаться применить новшества глубокого обучения в области нейроинтерфейсов для контроля среды симуляции малого числа степеней свободы.

Основная идея заключается в создании программного обеспечения, позволяющего классифицировать некоторый набор состояний и реакций мозга на основе ЭЭГ и преобразовать их таким образом, чтобы организовать эффективный контроль некоторой средой. В рамках данной научной работы будет использован метод биполярного отведения сигнала, позволяющий получить только ограниченный спектр возможных состояний. На основе полученных измерений будет произведена экстракция необходимых участков сигнала и последующая классификация отдельных команд, которые могут быть использованы в определённой среде.

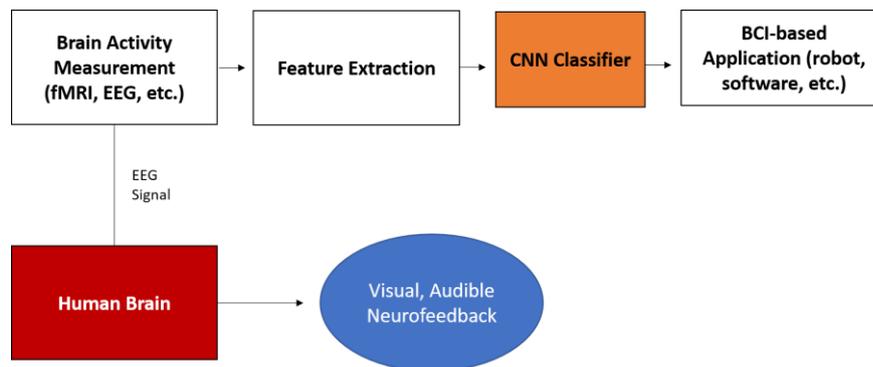


Рисунок 1 – Схема работы нейроинтерфейса

Использование ЭЭГ позволяет избежать инвазивных методов внедрения электродов, однако при этом страдает от избыточной зашумленности сигнала ввиду потери энергии электрического поля, проходящего через череп, а также движений глаз и челюсти. Соответственно одной из важнейших задач при использовании ЭЭГ является шумоподавление, которое также может быть произведено при помощи средств глубокого обучения в зависимости от требуемой скорости и точности

Первостепенно будет проведён спектральный анализ сигнала и предварительная разметка, позволяющей выделить необходимые участки для дальнейшего классифицирования, данная часть процессов будет реализована на микропроцессоре для дальнейшей передачи на ПК либо его аналог с достаточной вычислительной мощностью, чтобы провести классификацию в реальном времени. Классификация будет произведена методами анализа данных, выбор которых должен быть сбалансирован в зависимости от выбранной прикладной задачи, балансируя между быстродействием и точностью.

Выбор среды симуляции зависит от доступного количества каналов ЭЭГ, что позволяют управлять большим числом степеней свободы в нелинейной зависимости от их количества. В случае с одноканальным ЭЭГ проверенными результатами являются уровень релаксации и концентрации, что позволит управлять системой со степенью свободы 1, на которых и будет сделан акцент в нашей работе.