

УДК 004.383.1:617.761-027.31

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭМГ/ЭОГ ИНТЕРФЕЙСА ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕР

ГОРЕЛЬЧЕНКО С. В., ШАПОШНИКОВА С. В.

*Воронежский государственный технический университет
(г. Воронеж, Российская Федерация)*

E-mail: wrk8285@gmail.com

Аннотация. Мы представляем электромиографическое/электроокулографическое (ЭМГ/ЭОГ) устройство ввода текста. Оно позволяет пользователям писать предложения, используя только моргание. Моргание обнаруживается с помощью простого порогового метода. Кроме того, устройство удобно в использовании. Устройство основано на бесплатном программном обеспечении с открытым исходным кодом, а также на недорогом оборудовании OpenBCI. Оценка производительности устройства производилась с помощью эксперимента. Результаты показали, что: символы распознавались с точностью 89%; 100% морганий было зарегистрировано.

Abstract. We present Electromyography/Electrooculography (EMG/EOG) speller. It allows users to write sentences or phrases using blinking exclusively. Eye blinks are detected through simple threshold method. Moreover, the speller is comfortable to use. We based it on Open Source software available for free, as well as low-cost OpenBCI hardware. We measured the performance of the interface in an experiment. The results showed that: symbols were recognised at 89% accuracy rate; 100% of eye blinks was detected.

Введение

Интерфейсы человек-компьютер (НСИ) позволяют пользователям отправлять и получать информацию от машины. НСИ различаются по методам и областям применения. Наиболее известными примерами НСИ являются компьютерные периферийные устройства, такие как клавиатура или монитор, используемые для повседневного взаимодействия с компьютером. Однако существуют и более сложные методы, которые позволяют управлять машиной без помощи рук (например, интерфейсы на основе мозговых волн, виртуальная реальность и отслеживание взгляда).

Одним из конкретных примеров полезности НСИ является то, что он может служить средством коммуникации для пациентов с нейродегенеративными заболеваниями, такими как боковой амиотрофический склероз. Эти пациенты имеют ограниченный контакт с окружающей средой или вообще его отсутствие. Для них создаются узкоспециализированные устройства, обеспечивающие взаимодействие человека с компьютером. Одним из таких решений является Brain Computer-Interface (BCI), который измеряет электрическую активность мозга [1]. Однако указанные интерфейсы требуют специального проектирования и обучения пользователей, не говоря уже о затратах на подобного рода программно-аппаратные средства.

Поэтому, если пациенты могут самостоятельно управлять хотя бы одной мышцей, рекомендуется использовать другие способы общения. Среди этих альтернативных методов есть программы, основанные на измерении движений глазных яблок или анализе моргания. Последнее часто включает в себя написание отдельных букв или цифр. Пользователь просматривает матрицу знаков, из которой затем выбирается один [2]. Сигнал для анализа с помощью компьютера измеряется в области глаз.

Основная часть

В этой статье мы представляем высокоэффективное недорогое устройство ввода текста, которое использует простой усилитель биопотенциалов для определения моргания.

Для получения данных мы использовали плату OpenBCI. OpenBCI представляет собой 8-канальную ЭЭГ (с использованием усилителя ADS1299 производства Texas Instruments и 8-

разрядного микроконтроллера Atmega328P). Основной электрод помещали на FPz (стандарт 10-20) с референтным электродом на мочке уха (рис. 1) [3].

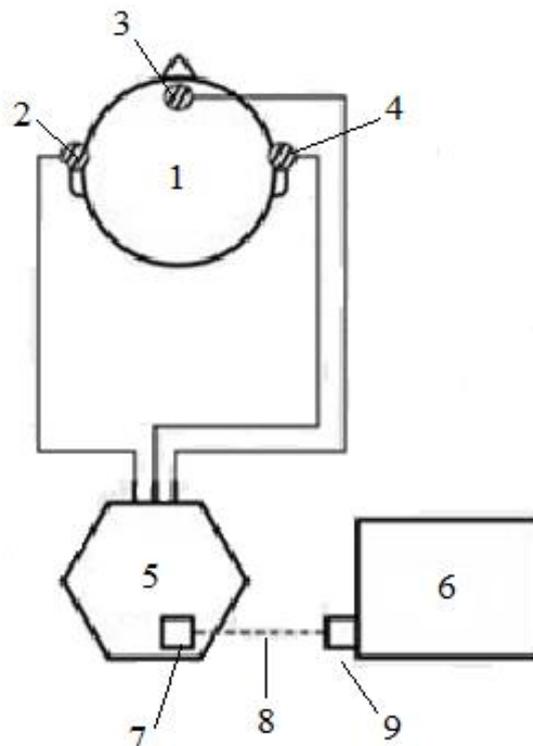


Рис. 1. Расположение и монтаж электродов. Схематическое изображение аппаратной конфигурации, необходимой для устройства ЭОГ/ЭМГ.

1 – Голова участника; 2 – Референтный электрод; 3 – FPz электрод; 4 – GND; 5 – плата OpenBCI; 6 – CPU; 7 – BT адаптер; 8 – Bluetooth соединение; 9 – USB BT адаптер

Основным языком программирования был выбран Python, а основной код для связи с платой и чтения данных был основан на программном обеспечении, предоставленном разработчиком.

После некоторых модификаций адаптированного класса (с дополнительными модулями Python, такими как Scipy или NumPy) мы собрали простой программно-аппаратный комплекс для нашего устройства ввода. Графический интерфейс был создан с использованием пакета Python PsychoPy. Наше приложение позволяет: получать, обрабатывать и обнаруживать моргание в режиме реального времени.

Исходный сигнал был предварительно обработан с использованием фильтра Баттерворта 4-го порядка (сначала полоса пропускания 49–51 Гц, затем полоса пропускания 1–50 Гц). В качестве метода обнаружения моргания использовался пороговый классификатор. Это очень простой, но эффективный способ выявить обширные колебания сигнала [4]. Если полученный сигнал превышает некоторое постоянное значение напряжения (например, 50 мкВ), то фиксируется моргание (рис. 2). После этого ожидается, что сигнал пересечет значение 0 мкВ, чтобы позволить алгоритму обнаружить следующее колебание сигнала, которое можно определить как моргание. С помощью этого метода все моргания успешно обнаруживаются, даже когда субъект очень часто закрывает и открывает глаза. Схематическая версия рабочего процесса обработки в реальном времени изображена на рис. 3.

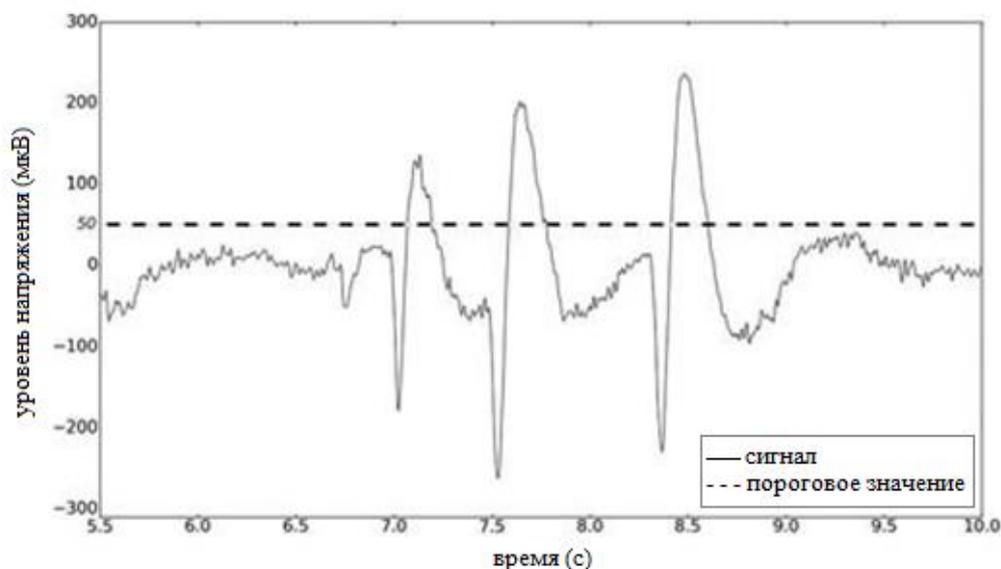


Рис. 2. Обнаружение моргания с использованием порогового алгоритма. Когда сигнал превышает фиксированный порог, событие моргания отправляется в интерфейс устройства.



Рис. 3. Блок-схема, показывающая этапы обработки

Мы провели эксперимент, чтобы проверить производительность нашего устройства. 10 здоровых добровольцев попросили написать одну фразу с помощью нашего устройства. Ни у кого из них не было опыта использования устройств ввода без задействования рук. Матрица знаков (5x5), основанная на матрице, предложенной Дончиным [1] отображалась на экране (рис. 4). Матрица состоит из 25 знаков, включая специальные символы, такие как «удалить» и «пробел». Сначала горизонтальная рамка переключаются между строками, а затем вертикальная рамка между столбцами (пример процедуры приведён на рис. 5). На рисунке текст курсивом, круги и стрелки являются частью описания, а не входят в устройство. Пунктирные стрелки указывают направление переключения строк/столбцов. В поле «Text target» отображается текст, который необходимо набрать, а в поле «Text typed» отображается набранный текст.



Рис. 4. Внешний вид интерфейса

Теперь опишем процесс выбора знака из матрицы. В начале каждый ряд по порядку выделяется на 500 мс (рис. 5а). Участник должен моргнуть, чтобы остановить переключение рядов, тогда выбранный ряд оставался отмеченным. Далее тот же процесс происходит для столбцов (рис. 5б). Введённая буква будет буквой на пересечении отмеченной строки и столбца (рис. 5в).

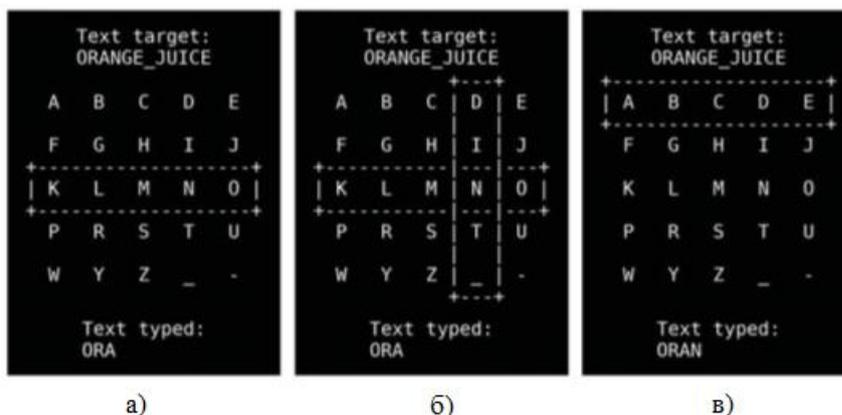


Рис. 5. Процесс выбора знака

Эксперимент состоял из двух частей. Первый этап был тренировочным. Задача на этом этапе состояла в том, чтобы написать «YELLOW_ZEBRA». Идея этапа обучения заключалась в том, чтобы испытуемые узнали, как использовать устройство и его ограничения. Мы можем изменять порог обнаружения моргания индивидуально для каждого участника (амплитуда сигнала во время моргания индивидуальна). Результаты тренировки не записывались. Вторая, и основная, часть была похожа на первую, за исключением того, что нужно было написать другую фразу, а именно: «ORANGE_JUICE». Результаты этого этапа были зафиксированы. Обе фразы состояли из 12 символов.

Мы отдельно проанализировали производительность нашего интерфейса при наборе текста и обнаружении моргания. Правильность написания — это соотношение правильно написанных символов (включая правильное использование удаления знака) ко всем написанным символам. Точность обнаружения моргания — это способность нашего алгоритма правильно обнаруживать моргание (как произвольное, так и спонтанное) в полученном сигнале.

Наше устройство показало очень высокую точность написания знаков (89%). Среднее время написания всех 12 символов составило 66 секунд (таблица 1), что дает 5,5 секунды на каждый знак.

Все моргания были правильно распознаны. Следовательно, точность нашего порогового алгоритма при обнаружении моргания составила 100 % для всех испытуемых.

Таблица 1. Результаты для отдельных испытуемых: точность написания и время, необходимое для написания экспериментальной фразы.

Номер испытуемого	Точность написания знаков (%)	Время написания (с)
1	100	56,1
2	83	85,4
3	93	48,3
4	93	47,2
5	83	52,1
6	83	67,8
7	93	66,5
8	88	75,9
9	93	83,7
10	83	77,6
Итого	89	66,1

Наши результаты в целом аналогичны или лучше, чем у других авторов [5, 6, 7]. Основным преимуществом нашего решения является более короткий период времени, необходимый для написания предложения. Более того, испытуемые относительно быстро учатся пользоваться нашим средством ввода текста на основе ЭОГ.

Результат точности в 89% выше, чем в случае BCI [8]. Кроме того, обычно тренировки для методов с использованием ЭОГ/ЭМГ занимают меньше времени и усилий. На подготовку оборудования (всего 3 электрода) и прохождение тренинга ушло относительно короткое время.

Заключение

Устройство, которое мы представили в этой статье, является одновременно надежным и экономичным. Оно основано на недорогом оборудовании и открытом исходном программном обеспечении. Кроме того, наше устройство ввода текста эффективно и просто в использовании даже после краткого изучения. Мы надеемся, что интерфейсы, внедряемые в медицинских и реабилитационных целях (например, для людей с ограниченным контролем волевых мышц), станут дешевле и доступнее для всех нуждающихся. Наша работа показывает, что эта цель достижима.

Список использованных источников

1. Журавлёв, Д.В. Аппаратура для электроэнцефалографических исследований: монография / Д.В. Журавлёв; – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 258 с.
2. Donchin E, K. M. Spencer and R. Wijesinghe. The mental prosthesis: assessing the speed of a P300-based braincomputer interface // IEEE transactions on rehabilitation engineering – 2000. – № 8.2. – P. 174-179.
3. Jukiewicz M. and A. Cysewska-Sobusiak. Low-cost evoked potentials detection for brain computer-interfaces. Computer Applications in Electrical Engineering. – 2015. – № 13. – P. 102-110.
4. Журавлёв, Д.В. Сравнительный анализ параметров усилителей биопотенциалов / Д.В. Журавлёв, В.А. Мещеряков, М.В. Шубин, М.А. Сиваш, В.С. Волков, Д.С. Потапов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. – Т. 16. – № 2. – С. 83 – 89.
5. Vasiljevas M. Development of a concept-based EMG-based speller. // Dyna. – 2015. – №82.193. – P. 170-179.
6. Usakli A. B., S. Gurkan, F. Aloise, G. Vecchiato and F. Babiloni Design of a novel efficient human–computer interface: An electrooculogram based virtual keyboard. // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2010. – №59.8. – P. 2099-2108.
7. Zheng M.M., X-R. Gao, Research of Speller System Based on EOG // Chinese Journal of Biomedical Engineering. – 2012. – № 6.
8. Guger C., S. Daban, E. Sellers, C. Holzner, G. Krausz, R. Carabalona, F. Gramatica and G. Edlinger. How many people are able to control a P300-based brain–computer interface (BCI) // Neuroscience letters. – 2009. – №462.1. P. 94-98.