

Применимость ЭМГ-сигнала для проектирования жестовых интерфейсов

Буняева Екатерина Викторовна

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
к.т.н, доцент*

Кузнецов Иван Владимирович

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
магистрант*

Аннотация

Цель данной статьи – анализ ЭМГ-сигнала на предмет возможности идентификации и интерпретации движений человека. Проведен анализ графиков ЭМГ-сигналов группы людей на предмет наличия сходного поведения сигнала при одинаковых движениях, а также сходном поведении графика при сходных движениях левых и правых конечностей.

Ключевые слова: электромиография, обработка сигнала, интерпретация движений

EMG-signal applicability for gesture-based interface design

Bunyaeva Ekaterina Viktorovna

*Far Eastern State Transport University
candidate of engineering sciences; associate professor*

Kuznetsov Ivan Vladimirovich

*Far Eastern State Transport University
undergraduate*

Abstract

The purpose of this paper is to analyze of EMG-signal for the possibility of identification and interpretation of human movements. The analysis of diagrams of EMG signals of a group of people for presence of similar behavior of a signal at identical movements, and also similar behavior of a chart at similar movements of left and right limbs is carried out.

Keywords: electromyography, signal processing, movement interpretation

Одним из перспективных направлений развития человеко-машинных интерфейсов развитие жестовых интерфейсов. Развитие жестовых интерфейсов делает возможным создание устройств, применимых в условиях, делающих нерациональным использование устройств, реализующие иные формы интерфейсов.

Одним из методов, лежащих в основе проектирования таких устройств, является электромиография. Данный метод представляет собой регистрацию суммарных колебаний потенциалов, возникающих в процессе возбуждения в области нервномышечных соединений и мышечных волокнах при поступлении к ним импульсов от мотонейронов спинного или продолговатого мозга. В настоящий момент используются различные варианты подкожных (игольчатых) и накожных (поверхностных) электродов. Последние в силу их безопасности и лёгкости наложения имеют более широкое применение [1].

При проведении электромиографии обычно пользуются биполярным отведением, помещая один электрод на участке кожи над серединой («двигательной точкой») мышцы, а второй – на 1–2 см дистальнее. При монополярном отведении один электрод помещают над «двигательной точкой» исследуемой мышцы, второй – над ее сухожилием или на какой-либо отдаленной точке (на мочке уха, на груди и т.д.) [2].

Отметим, что процесс идентификации движения может быть нетривиальной задачей. Физиология каждого человека индивидуальна, кроме того, определение характеристик мышечных сокращений может быть сопряжено с большими погрешностями, затрудняющими грамотную идентификацию.

Данные погрешности во многом связаны с низким соотношением сигнал/шум во время проведения электромиографии. Сигналы ЭМГ приобретают шумы во время прохождения через различные биологические ткани перед считыванием. Важно понимать характеристики электрического шума. Электрический шум, который повлияет на сигналы ЭМГ, можно классифицировать в следующие типы:

- 1) шумы в электронном оборудовании;
- 2) шумы окружающей среды;
- 3) артефакты движения;
- 4) изначально присущая нестабильность сигнала [3].

При этом возникает вопрос, возможна ли градация движений по группам на базе исследуемых характеристик, сходны ли данные характеристики для разных людей. Ответ на данный вопрос даст возможность оптимизации процесса идентификации движений, что позволит упростить процесс практической реализации устройств, выполняющих данный функционал.

В ходе исследования была выдвинута следующая гипотеза: определенные группы движений обладают сходными характеристиками, как для левой руки, так и правой.

Для проведения исследования был собран прототип считывателя характеристик мышечной активности. Прототип собран на базе плат Arduino UNO R3 и Olimex EMG-EKG shield.

Для проведения исследования были проанализированы характеристики мышечных сокращений, возникающих при сгибе ладони. В рамках исследования были собраны данные 10 человек возрастом от 19 до 23 лет.

В результате исследования были получены сигналы, вид которых показан на рисунке 1 (правая рука).

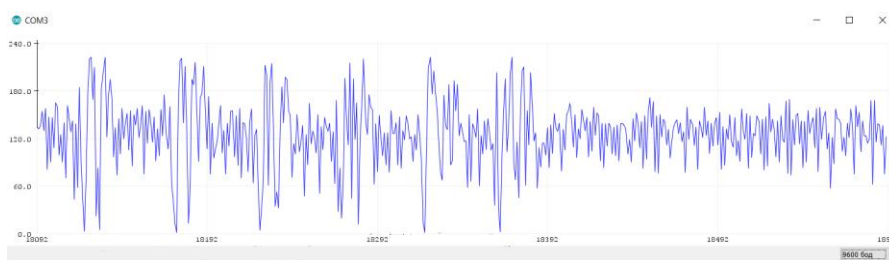


Рисунок 1 – Сгиб ладони правой руки

Из графика видно, что в состоянии покоя исследуемый сигнал колеблется в пределах от 60 до 180 единиц. Во время сгиба ладони происходят резкие скачки графика в пределах от 0 до 240 единиц.

Здесь под понятием единицы подразумевается 20 мВ. Таким образом, исследуемый сигнал находится в пределах от 0 до 5 В.

Аналогичными характеристиками обладает сигнал, считываемый при сгибе ладони левой руки, как показано на рисунке 2.

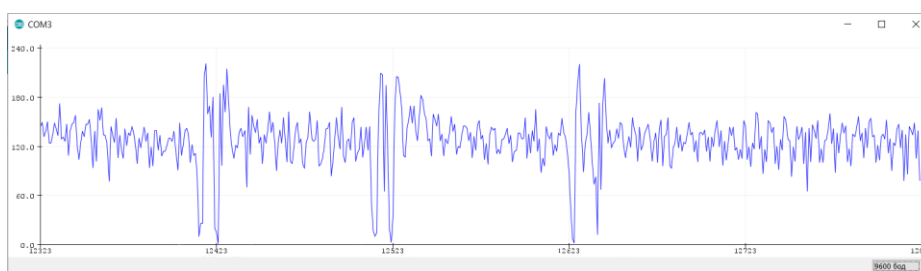


Рисунок 2 – Сгиб ладони левой руки

Выделим основные особенности характеристик мышечных сокращений на основе показанных графиков.

При выполнении одинаковых движений левой и правой рукой сигнал, характеризующий мышечные сокращения, ведет себя сходным образом. В частности, при сгибе ладони наблюдается резкие падения значений сигнала до близких к нулю с последующим резким ростом до 220-230 единиц. После фиксации положения ладони или её возвращения в исходное положение разброс значений графика возвращается к обычным пределам.

При анализе изменения сигнала, возникающего при сгибе ладони у разных людей обнаружено, что сигналы мышечной активности находятся в одинаковых пределах и при одинаковых движениях ведут себя сходным образом.

При считывании сигнала наблюдаются шумы, интенсивность которых затрудняет точное выделение движений. Кроме того, точность считывания зависит от точности установки считывающих элементов. При некорректной установке данных элементов считывание сигналов затрудняется в силу возникающих шумов вплоть до невозможности выявления движения на общем фоне мышечной активности, как показано на рисунке 3. Также на точность

считывания влияет множество внешних факторов, которые на данный момент устранить не представляется возможным.

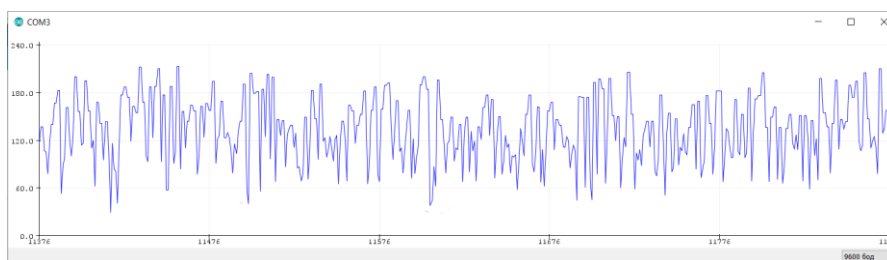


Рисунок 3 – График сигнала мышечной активности при некорректном расположении считывающих элементов

В силу того, что сигнал, характеризующий мышечные сокращения, ведет себя сходным образом у разных людей, а также при выполнении одинаковых движений левой и правой рукой, возможно установление соответствия между формой сигнала и производимым движением.

Данная задача может быть сложно реализуема. На текущий момент для её решения применяют алгоритмы машинного обучения [3]. Отметим, что для обработки данных в рамках указанных алгоритмов требуется высокая производительность, что затрудняет их применение в рамках конечных устройств. Кроме того, ставится вопрос о непосредственном определении движения в пространстве с целью создания связки сигнал-движение.

Решение данной задачи становится все более сложной в зависимости от того, насколько более точную модель требуется воспроизвести. Конечности человека имеют большое количество элементов, способных двигаться независимо от других, кроме того, изменение положения одних элементов может менять положение других элементов, что делает задачу определения положения руки в целом и отдельных её элементов в частности сложной задачей.

Задача сопоставления формы сигнала с движением становится комплексной и требует дальнейших исследований. Данные исследования могут сделать возможным проектирование сложных устройств, реализующих человеко-машинный интерфейс, применяемый в широком спектре задач.

Библиографический список

1. Гусев Е.Н., Коновалов А.Н., Скворцова В.И. Неврология и нейрохирургия : учебник : в 2 т. Т. Неврология. М. : ГЭОТАР-Медив, 2015. 640 с.
2. Команцев В.Н. Методические основы клинической электронеуромиографии: Руководство для врачей. – СПб.: 2006. – 362 с.;
3. Dhiman R., Hooda S.D. Detecting the useful electromyogram signals—extracting, conditioning and classification // Indian Journal of Computer Science and Engineering. 2011. T.2. №4. С. 634–637
4. Khoruzhko M.A., Sesekin G.N., Boldyreva N.V., Shamshin M.O., Kastalskiy I.A., Mironov V.I., Pimashkin A.S., Kazantsev V.B. A Mobile Exoskeleton Control System Using Electromyographic Signals from Human Muscles // Sovremennye tehnologii v medicine. 2017. T.9. №4. С.162–169.