

Косихин Данил Евгеньевич,
Студент Приборостроение
кафедра Информационных технологий
Факультет Информационных технологий
АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Ушаков Артем Олегович,
Студент Приборостроение
кафедра Информационных технологий
Факультет Информационных технологий
АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОРТАТИВНЫХ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСАХ

Аннотация: в рамках работы рассмотрены технологии, на основе которых разрабатываются современные нейроинтерфейсы. Рассмотрены инвазивные и неинвазивные методы, выделены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: нейроинтерфейс, нейротехнологии.

Нейроинтерфейс – это устройство, обеспечивающее прямую связь между головным мозгом и компьютером. Применение их распространяется на все сферы деятельности человека. Данные устройства могут быть применены, например, в области авиации и промышленной безопасности [1], восстановлении утраченных функций организма [2]. Нейроинтерфейсы можно разделить на инвазивные и неинвазивные решения. Несмотря на синонимичность терминов, принято называть инвазивные нейроинтерфейсы интерфейсами мозг-машина (ИММ), неинвазивные же – интерфейсами мозг-компьютер (ИМК).

В настоящее время известно множество ИМК, работающих на основе регистрации биопотенциалов тела пользователя: технологии электроэнцефалографии (ЭЭГ), электромиографии (ЭМГ), электроокулографии (ЭОГ).

Электроэнцефалография – метод, который используется для регистрации и анализа суммарной биоэлектрической активности мозга, измеряемой на поверхности головы посредством чувствительных датчиков – так называемых электродов. Различают два вида отведений ЭЭГ – монополярное и биполярное. В первом случае регистрируют сигнал от электрода, расположенного над мозгом на поверхности головы относительно другого электрода, расположенного над той точкой, где изменение потенциала практически равно нулю. Обычно за такую точку принимают мочку уха. Данное отведение позволяет описывать состояния определенных участков мозга, над которыми расположены электроды. В биполярном отведении оба электрода располагаются над участками мозга. При данном отведении регистрируется суммарное колебание потенциалов под двумя электродами, и для определения источника потенциала необходимо анализировать несколько пар электродов в определенных комбинациях. Технология электроэнцефалографии применяется в нейрогаритурах, например, разработка Emotiv Eroc [3] работает на основе данного метода.

Одним из наиболее существенных недостатков ЭЭГ является наличие артефактов [4] в составе сигнала, причем эти шумы могут быть ошибочно приняты в качестве полезного сигнала. Для решения этой проблемы применяются фильтры, методы удаления артефактов. Например, для удаления артефакта, вызванного движением глаз, из ЭЭГ-канала вычитают сигнал электроокулографии, записываемой в дополнение к ЭЭГ.



Известен метод функциональной ближней инфракрасной спектроскопии (fNIRS). Принцип данной технологии заключается в просветке тканей волнами различной длины, испускаемых источниками инфракрасного (ИК) света. На основе разности количества света – излученного и отраженного – возможно определить концентрации оксигенированного, деоксигенированного гемоглобина, а также его общую концентрацию. Примером портативного ИМК на основе fNIRS является разработка Kernel Flow [5], оборудованная 52 источниками ИК света.

Недостатки неинвазивных ИМК, работающих на основе технологий регистрации биопотенциалов заключаются в том, что сигнал источника ослабляется, проходя через ткани организма, а также имеет шумы различной природы. С целью повышения точности и скорости измерений возможно применение инвазивных ИМК – интерфейсов мозга-машина (ИММ).

Одна из технологий, применяемых в ИММ – электрокортикография (ЭКоГ) [6] – инвазивный метод регистрации биоэлектрической активности мозга. Отведение сигналов осуществляется посредством электродной матрицы, обычно располагаемой на поверхности одного полушария. На основе данного метода возможно создать двунаправленный ИММ, позволяющий осуществлять стимуляцию мозга, в том числе восстанавливая утраченные функции организма. Данный метод заложен в основу работы устройства Neuralink [7].

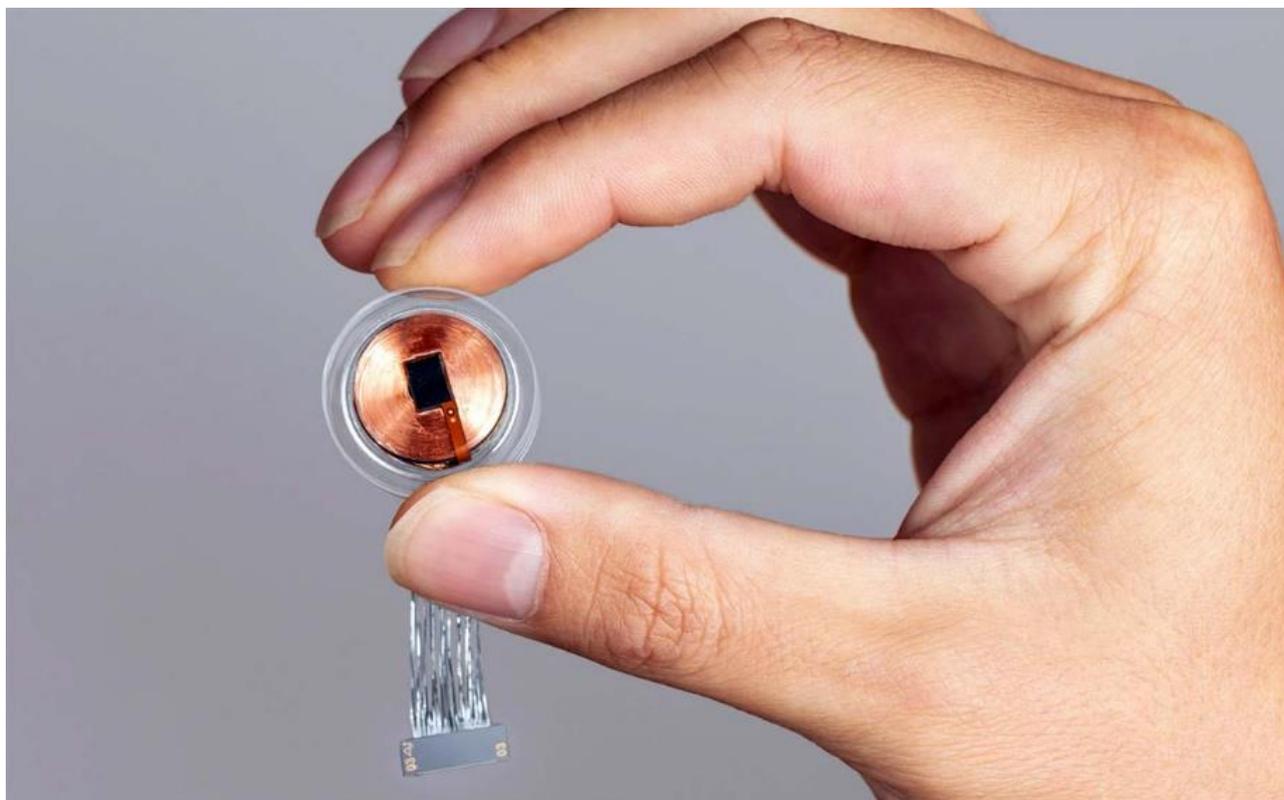


Рисунок 1 – Чип компании Neuralink, содержащий в себе электродную матрицу. Источник: Neuralink

Ключевым недостатком ИММ является меньшая безопасность в сравнении с решениями ИМК.

Таким образом, в настоящее время существует множество технологий – инвазивных и неинвазивных – на основе которых возможно разработать интерфейсы мозг-машина и мозг-компьютер соответственно. Каждая из приведенных технологий обладает своей спецификой,



достоинствами, недостатками. При разработке нейроинтерфейса необходимо подбирать технологию, адекватную поставленной цели. Возможна комбинация нескольких технологий. Важно найти компромисс между точностью устройства и его компактностью, качеством сигнала и безопасностью метода.

Список литературы:

1. Косихин Д.Е., Осипов И.А., научный руководитель – Падалко В.С. Перспективы внедрения нейроинтерфейсов в производственные комплексы / Современные цифровые технологии: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (01 июня 2022 года, г. Барнаул) / под общ. ред. А. А. Беушева, А. С. Авдеева, Е. Г. Боровцова, А. Г. Зрюмова; АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул: АлтГТУ, 2022. – 241 с. – Текст: электронный. – С.197-199. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2022/2022_1/102/;
2. Косихин Д.Е., Косихина О.М. Нейроинтерфейсы как способ коммуникации для неговорящих детей с ДЦП / Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей: (22 августа 2022 года, г. Москва) – Изд-во «Интернаука», 2022, №30 (272). – Текст: электронный – С.22-25. – Режим доступа: <https://www.internauka.org/young-scientist/researcher/cclxxii>;
3. Emotiv Eroc+. – Текст: электронный // Emotiv: [сайт]. – URL: <https://www.emotiv.com/eroc>
4. Артефакты ЭЭГ. – Текст: электронный // Center for Medical Information: [сайт]. – URL: <https://cmi.to/артефакты/>
5. Precise. Reliable. Accessible. Neuroimaging. – Текст: электронный // kernel: [сайт]. – URL: <https://www.kernel.com/>
6. Электrokортикография. – Текст: электронный // Center for Medical Information: [сайт]. – URL: <https://cmi.to/электrokортикография/>
7. Neuralink. – Текст: электронный // Neuralink: [сайт]. – URL: <https://neuralink.com/>

