

НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНТЕРФЕЙС. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА

Сидоренко А.В., Солодухо Н.А.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Современное понятие нейрокомпьютерного интерфейса включает в себя систему, которая измеряет активность мозга, связанную с намерением пользователя, и транслирует ее в виде соответствующего управляющего сигнала. Управляющий сигнал определяется сферой применения нейрокомпьютерного интерфейса.

Применение нейрокомпьютерного интерфейса возможно в следующих случаях: компьютерные приложения, в том числе и коммуникационные; компьютерные игры; протезирование; нейрореабилитация, в частности, для пациентов с боковым амиотрофическим склерозом [1].

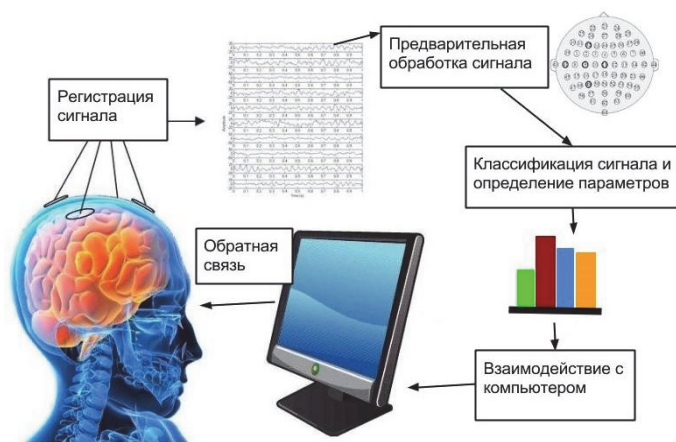


Рис.1. Структура функционирования нейрокомпьютерного интерфейса

Процесс функционирования современного нейрокомпьютерного интерфейса возможно разделить на следующие операции (рис.1): регистрация сигнала, предварительная обработка сигнала, классификация сигнала и определение его параметров, взаимодействие с компьютером, обратная

связь. Некоторые операции, такие как регистрация сигнала и взаимодействие с компьютером, являются необходимыми для функционирования нейрокомпьютерного интерфейса, в то время как другие появились позднее и обусловлены необходимостью увеличения скорости, производительности и точности работы нейрокомпьютерного интерфейса.

Наиболее распространенным способом регистрации сигналов мозга в нейрокомпьютерном интерфейсе является запись электроэнцефалограммы.

После измерения сигнал подвергается предварительной обработке, в результате которой удаляются артефакты, уменьшается шум, выделяется полезный сигнал. Функционал данной операции зависит от выбранного метода предварительной обработки. Конечной целью предварительной обработки является увеличение соотношений сигнал/шум и пространственного разрешения. Наиболее распространенными методами предварительной обработки, которые используются в нейрокомпьютерных интерфейсах, являются пространственная и временная фильтрация.

При пространственной фильтрации определяется набор сигналов, являющихся линейными комбинациями сигналов оригинальных отведений. Примерами средств, осуществляющих пространственную фильтрацию, являются: фильтр Лапласа, CAR (common average reference), CSP (common spacial patterns), метод анализа главных компонент, метод анализа независимых компонент. Метод Лапласа и CAR метод способствуют снижению шума. При использовании фильтра Лапласа значение сигнала, подвергнутого дальнейшей обработке, определяется путем линейной комбинации сигналов, регистрируемых соседними с рассматриваемым электродом, сигналов. При применении CAR метода сигнал на каждом электроде определяется путем вычитания среднего значения сигналов от всех электродов. Использование CSP метода позволяет оптимизировать пространственный фильтр в соответствии с особенностями каждого испытуемого. При оптимизации разрабатывается пара пространственных фильтров, для одного из которых дисперсия сигнала после фильтрации максимальна, а для другого – наоборот, минимальна. Метод анализа главных компонент и метод анализа независимых компонент используют разделение исследуемых сигналов мозга на компоненты и определение уровня каждой из них. Выделяются компоненты, связанные с воображаемым движением, которые используются в дальнейшем.

Временная фильтрация также известна как частотная или спектральная фильтрация с помощью полосового фильтра. Наиболее часто используются полосовые фильтры на 8-12Гц и 18-26Гц, соответственно, для нейрокомпьютерных интерфейсов на основе мю- и бета-ритмов. В случае

нейрокомпьютерных интерфейсов на основе P300, может использоваться полосовой фильтр в диапазоне 0,1-20Гц. Низкочастотные сигналы обычно отфильтровываются для удаления шума, связанного с морганием, изменением сопротивления кожи из-за пота и т.п.

После предварительной обработки происходит определение параметров, на основании которых и осуществляется отслеживание изменений состояния пользователя нейрокомпьютерного интерфейса. Используются следующие параметры: вызванные потенциалы; спектральная плотность мощности в определенном диапазоне; фрактальная размерность; вариации амплитуды сигнала, связанные с событийно-обусловленной десинхронизацией и синхронизацией (event-related desynchronization/event-related synchronization, ERD/ERS). Событийно-обусловленная десинхронизация и синхронизация вызвана взаимодействием между группами нейронов, ответственными за частотные компоненты ЭЭГ. ERD выражается в уменьшении, а ERS - в увеличении амплитуды сигнала в определенном диапазоне частот при некотором событии. Необходимо отметить, что выбор того или иного параметра обусловлен сферой применений нейрокомпьютерного интерфейса.

Взаимодействие с компьютером подразумевает преобразование полученных параметров в команды. Примером команды может быть выбор буквы или движение курсора. Обратная связь с пользователем позволяет корректировать работу нейрокомпьютерного интерфейса для улучшения его функционирования. Современный уровень обратной связи позволяет это делать практически без участия сознания испытуемого.

Основной проблемой нейрокомпьютерных интерфейсов является довольно низкое значение пропускной способности при передаче сигнала. Это оказывается особенно существенным при дублировании информации об одном и том же действии. Следует также отметить, что в процессе установки и настройки нейрокомпьютерного интерфейса возрастают временные параметры, обусловленные необходимостью предварительного обучения пользователя.

Литература

1. Wolpaw J.R. Brain Signals for Brain-Computer Interfaces / J.R. Wolpaw, C.B. Boulay // Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction / B. Graimann, B. Allison, G. Pfurtscheller - Berlin, Heidelberg, 2010 - P. 29-46.