

ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗАВИСИМЫЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ И ОКУЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ НА ОСНОВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ЧЕЛОВЕК-КОМПЬЮТЕР

Туровский Я.А. *, Борзунов С.В.* , Вахтин А.А.***

**Воронежский государственный университет, Воронеж, Университетская пл. д.1*

*** Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН,
Москва, Профсоюзная, д.65*

Аннотация: Представлено развитие интерфейсов человек-компьютер: окулографических и нейрокомпьютерных(человек-компьютер) на основе формирования дополнительного канала управления с использованием вариабельности сердечного ритма. Продемонстрированы принципы работы данного канала, и возможности его функционирования в рамках задач выбора оптимальных алгоритмов работы для окулографических и нейрокомпьютерных интерфейсов.

Ключевые слова: окулографический интерфейс, интерфейс мозг-компьютер, эмоционально-зависимый интерфейс

Совершенствование существующих и появление новых каналов двухсторонней коммуникации является одним из основных направлений развития эргатических систем. Наряду с традиционными интерфейсами человек-компьютер предпринимаются попытки создать эффективные интерфейсы на новых принципах управления. Одними из таких интерфейсов являются т.н. интерфейсы мозг-компьютер(нейрокомпьютерные интерфейсы), обеспечивающие регистрацию команд пользователя непосредственно с головного мозга[1,2] и окулографические интерфейсы, реализующие парадигму управления устройствами, включая компьютер, на основе движения глаз[3,4] пользователя. В ряде случаев эти интерфейсы объединяются в один интерфейс: глаз-мозг-компьютер[5]. Одним из путей повышения скорости работы нейрокомпьютерного и окулографического интерфейсов является возможность программно-аппаратными компонентами интерфейсов оценивать эффективность своей работы в плане достижения пользователем желаемых для него целей. В этом случае программно-аппаратный комплекс обеспечивает самообучение, выбирая те алгоритмы, которые обеспечивают наибольшую точность в условия работы пользователя. Данный подход основан на регистрации произвольных сигналов, порождаемых пользователем и потенциально несущих информацию о его функциональном напряжении (стресс-состоянии) которое в свою очередь, при условии эмоционально-нейтрального контента с которым работает пользователь, может быть интерпретирована как показатель успешности или неуспешности работы интерфейса.

В работе представлена модель оценки эмоционального состояния пользователя окулографическими и нейрокомпьютерными (мозг-компьютер) интерфейсами на основе произвольно управляемых сигналов. В качестве таковых сигналов были рассмотрены значения вариабельности сердечного ритма, кожно-гальванической реакции, паттерны дыхательной активности. Выбраны были параметры вариабельности сердечного ритма, регистрация которых хорошо отработана как на программно-аппаратном уровне, так и с точки зрения обработки и интерпретации результатов. В качестве регистрируемых сигналов упор был сделан не столько на RR-интервалы, требующие электрокардиографической регистрации и, следовательно, чувствительные к

положению и качеству фиксации электродов на испытуемом, сколько на данные пульсометрии, полученные по фотоплетизмографическому каналу. Подобное решение, хотя и обладает меньшей точностью, существенно выигрывает в эргономичности и простоте: пользователь может закрепить датчик на ухе, пальце, предплечье. Маркерами оценки эмоционального состояния пользователя в качестве компромисса между скоростью работы интерфейса, точностью получаемых результатов и ресурсоёмкостью были выбраны значения среднеквадратического отклонения показателей пульса (RR-интервалов), которые можно связать со спектральной оценкой суммарной мощности спектра variability сердечного ритма. Рассмотрен вопрос о возможном формировании дополнительного канала человек-компьютер, несущем информацию об успешности распознавания программно-аппаратной частью интерфейса команд пользователя. В качестве такого канала предложен подход, основанный на оценке эмоционального состояния пользователя, маркируемого характеристиками variability сердечного ритма. Учитывая перспективные подходы к управлению внешними устройствами (компьютер, дрон, самоходное шасси) с использованием нескольких алгоритмов, каждый из которых специализирован на решении своих задач, предложена, на основе теории игр, модель выбора программно-аппаратной частью интерфейса одного из нескольких конкурирующих алгоритмов для обработки поступивших от пользователя сигналов несущих команды управления. Рассмотрены возможные параметры оценки «выигрыша» программно-аппаратного комплекса, позволяющие выполнять выбор алгоритмов, преобразовывающих физиологически сигналы пользователя в команды. Показано, что вариант содержащий показатель, отражающий величину разности дисперсии variability сердечного ритма в состоянии покоя и при работе с интерфейсами, в ходе выполнения стратегии, взвешенный на время реализации данной стратегии, является более предпочтительным для формирования канала управления выбором алгоритмов обработки сигналов пациента программно-аппаратным комплексом. При этом важным моментом является временное окно, в течение которого оценивается эмоциональное состояние пользователя. При чрезмерно большом размере окна эффективность работы обратной связи существенно снижается, за счёт более медленной реакции в случае, если конкретный алгоритм теряет или, наоборот, увеличивает свою эффективность. При чрезмерно коротком временном отрезке возможна ситуация, когда кратковременный успех в целом недостаточно эффективного алгоритма может привести к его выбору в течение достаточно долгого времени. Полученные результаты позволяют существенно расширить возможности взаимодействия человек-компьютер.

Литература

1. *Gao X., Xu D., Cheng M. et al.* A BCI-Based Environmental Controller for the Motion- Disabled // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2003. V.11. № 2. P. 137–140 с.
2. *Zhu D., Bieger J., Molina G. et al.* A Survey of Stimulation Methods Used in SSVEP-Based BCIs // Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience. 2010. Article ID 702357.
3. *Игнатовский В.В., Пестунов Д.А.* Обработка данных окулографии с помощью ARM-микроконтроллера и компьютера. Вестник науки Сибири, 2014. № 3 (13). 53-57 с.
4. *Славуцкая М.В., Мусеева В.В., Шульговский В.В.* Внимание и движения глаз. Строение глазодвигательной системы, феноменология и программирование саккады // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2008. Т. 58. № 1. С. 28-45.
5. *Шшишкин С.Л., Федорова А.А., Нурждин Ю.О. и др.* На пути к высокоскоростным интерфейсам глаз-мозг-компьютер: сочетание одностимульной парадигмы и перевода взгляда // Вестн. МГУ. Серия 14. Психология 19.–. 2013. № 4. С. 4