

Использование электроэнцефалограммы головного мозга в биометрических системах идентификации

Ф. Т. Байрушин

*Башкирский государственный университет
Россия, г. Уфа, 450076, улица Заки Валиди, 32.*

Email: biomaster56@yandex.ru

В статье рассматриваются биометрические характеристики на основе физиологических различий пользователей, где особое внимание уделяется энцефалографическому «рисунку», как одной из форм биометрической идентификации. Автор предположил, что стимулирующими головной мозг факторами могут служить также и звуковые раздражители.

Ключевые слова: биометрия, информационная безопасность, энцефалограмма.

Достоинства биометрических идентификаторов на основе уникальных биологических, физиологических особенностей человека, однозначно удостоверяющих личность, привели к интенсивному развитию соответствующих средств. В биометрических идентификаторах используются статические методы, основанные на физиологических характеристиках человека, т. е. на уникальных характеристиках, данных ему от рождения (рисунки папиллярных линий пальцев, радужной оболочки глаз, капилляров сетчатки глаз, тепловое изображение лица, геометрия руки, ДНК), и динамические методы (почерк и динамика подписи, голос и особенности речи, ритм работы на клавиатуре). Предполагается использовать такие уникальные статические методы, как идентификация по подногтевому слою кожи, по объему указанных для сканирования пальцев, форме уха, запаху тела, и динамические методы - идентификация по движению губ при воспроизведении кодового слова, по динамике поворота ключа в дверном замке и т. д. Классификация современных биометрических средств идентификации показана на *рис. 1*.

Биометрические идентификаторы хорошо работают только тогда, когда оператор может проверить две вещи: во-первых, что биометрические данные получены от конкретного лица именно во время проверки, а во-вторых, что эти данные совпадают с образцом, хранящимся в картотеке. Биометрические характеристики являются уникальными идентификаторами, но вопрос их надежного хранения и защиты от перехвата по-прежнему остается открытым.

Биометрические идентификаторы обеспечивают очень высокие показатели: вероятность несанкционированного доступа – 0.1–0.0001%, вероятность ложного задержания – доли процентов, время идентификации – единицы секунд, но имеют более вы-

сокую стоимость по сравнению со средствами атрибутивной идентификации. Качественные результаты сравнения различных биометрических технологий по точности идентификации и затратам указаны на *рис. 2*. Известны разработки СКУД, основанные на считывании и сравнении конфигураций сетки вен на запястье, образцов запаха, преобразованных в цифровой вид, анализе носящего уникальный характер акустического отклика среднего уха человека при облучении его специфическими акустическими импульсами и т. д. [1]

К одному из новых направлений в биометрии можно отнести системы обработки данных ЭЭГ. Подобные системы получили название «Интерфейс мозг–компьютер», или ИМК (Brain-Computer Interface, BCI, англ). ИМК – это коммуникационный канал, позволяющий управлять внешними устройствами, используя лишь данные об активности головного мозга. В ходе исследований технологий ИМК разрабатываются различные направления: воображаемое движение (*motor imagery*, англ.), вызванные зрительные потенциалы (*visual evoked potentials*, VEP, англ.), вызванный потенциал P300. На основе данных технологий выполнено множество различных приложений, таких как виртуальная клавиатура или компьютерная мышь. Возможность извлечения информации из человеческого мозга привела к новой парадигме исследований – биометрии, основанной на ЭЭГ.

Использование данных ЭЭГ имеет несколько преимуществ. Они конфиденциальны, их весьма сложно подделать и практически невозможно украсть, кроме того, «пароль» легко сменить [1].

Впервые идея аутентификации на основе данных ЭЭГ была предложена С. Марселом (S. Marcel) [7]. В дальнейшем Р. Паранджап (R. Paranjape) проводил исследования о применимости данных ЭЭГ в биометрических системах [8]. В тех же направлениях велись исследования и группой М. Поулоса (M. Poulos) с соавторами [9]. В работах Р. Паланьяпана (R. Palaniappan) с соавторами особое значение отводится роли визуальных стимуляций в вопросах идентификации с использованием данных ЭЭГ [2].

Электроэнцефалография – потенциально более защищенная и лучше отвечающая требованиям приватности форма биометрии, чем традиционные биометрические идентификаторы. Запись электрических сигналов активности головного мозга человека ведет свою историю с 1924 года, когда австрийский физиолог и психиатр Ганс Бергер поместил электроды на голову пациента и с помощью гальванометра получил первую электроэнцефалограмму (ЭЭГ). С тех пор исследования в области электроэнцефалографии сильно продвинулись, а ЭЭГ стала ценнейшим инструментом диагностики и лечения повреждений спинного мозга, инсультов и расстройств головного мозга, таких как эпилепсия, шизофрения, болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона. Сигналы ЭЭГ также являются основой интерфейсов мозг – компьютер в реабилитационных

и развлекательных приложениях. В последние годы вырос интерес к применению ЭЭГ для биометрического распознавания личности.

С точки зрения надежности и приватности сигналы ЭЭГ имеют ряд преимуществ перед традиционными биометрическими идентификаторами: отпечатками пальцев, снимками радужной оболочки глаза и фотографиями лица. Сигналы ЭЭГ не описывают внешних особенностей человека, так как генерируются ионными токами в нейронах мозга. Системы ЭЭГ-биометрии устойчивы к фальсификации – в отличие от традиционных биометрических параметров атакующий не может тайно получить ЭЭГ-сигналы в физической форме или синтезировать их позднее, а затем передать на датчики. Кроме того, не нужны дополнительные датчики, чтобы определить, жив ли идентифицируемый.

Еще одно преимущество систем распознавания на основе ЭЭГ в том, что они будут работать и с людьми, имеющими инвалидность или серьезные травмы – например, ампутированные конечности, аниридию (отсутствие радужной оболочки) или обожженные пальцы. Более того, возможность постоянно и прозрачно следить за спонтанной активностью мозга или откликами на когнитивные стимулы является защитой от подмены личности, против которой бессильны системы с однократной проверкой верительных данных.

В то же время у сигналов ЭЭГ, как биометрического идентификатора, есть определенные недостатки. Во-первых, такие сигналы нельзя получить на расстоянии, как это можно сделать со снимками радужки и лица, в связи с чем ограничивается применимость системы. Во-вторых, приборы регистрации ЭЭГ пока дороже устройств для классической биометрии, а подготовка аппарата ЭЭГ к работе и управление им трудоемки и затратны по времени, из-за чего эти устройства менее применимы во многих ситуациях. В-третьих, ЭЭГ-активность – это характеристика генотипа, в связи с чем ограничивается уникальность идентификатора. Исследования показали, что у однояйцевых близнецов нет большой разницы между сигналами ЭЭГ.

Типичная система автоматического распознавания личности на основе ЭЭГ состоит из модуля регистрации, получающего ЭЭГ-сигналы испытуемого; модуля обработки, удаляющего шумы и артефакты из сигналов; модуля извлечения черт, отделяющего репрезентативные элементы сигналов; модуля сопоставления, генерирующего рейтинг, используемый для выявления наиболее вероятных личностей или принятия решения об истинности личности, заявленной испытуемым. Система может регистрировать ЭЭГ-сигналы во время спонтанной активности мозга (в том числе, когда испытуемый находится в покое с закрытыми или открытыми глазами). Можно также регистрировать сигналы в присутствии визуальных, звуковых или тактильных стимулов (в том числе реального мира – таких как музыка, речь или видео) либо во время выполнения реальных или мыслительных функций, например телодвижений или речи. Сигналы,

вызванные такими стимулами, исходят из разных регионов мозга и значительно варьируются по диапазону частот и амплитуде.

Наиболее значимой активности головного мозга соответствует диапазон от 0.5 до 40 Гц включительно. Существует пять основных ритмов, различаемых в сигнале ЭЭГ: дельта, тета, альфа, бета и гамма. На *рис. 2* даны примеры частотных диапазонов и характеристики этих ритмов. Амплитуда сигнала ЭЭГ составляет около 100 мкВ при измерении на коже волосистой части головы и около 1–2 мВ при измерении непосредственно на поверхности мозга.

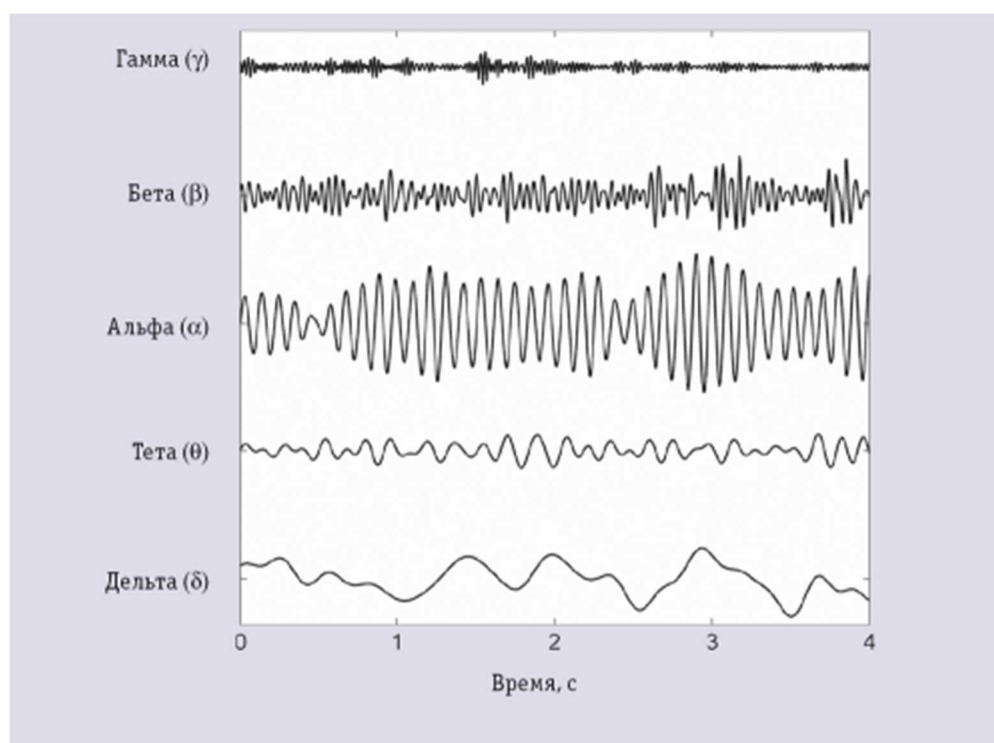


Рис. 2. Примеры сигналов ЭЭГ, полученных в состоянии покоя с закрытыми глазами.

Фоновый шум, вызванный непрерывной спонтанной активностью мозга, обычно засоряет ЭЭГ-сигнал и может перекрыть электрические эффекты, создаваемые когнитивными стимулами. В сигналах также присутствуют биологические артефакты, обусловленные движениями глаз, сердцебиением, мышечной активностью и т. д. Существует ряд методов удаления шума и артефактов, в том числе адаптивная фильтрация, анализ главных компонент и слепое разделение сигнала. [3]

Ученые из Бингемтонского университета (Бингемтон, штат Нью-Йорк, США) создали новый метод биометрической идентификации, используя «отпечатки мозга» (brainprints) – волновую картину мозговой деятельности человека. Они назвали этот метод идентификации «CEREBRE» – Cognitive Event Related Biometric Recognition

(биометрическое распознавание на основе когнитивных событий). Исследователи фиксировали волновую картину мозговой деятельности испытуемых при помощи энцефалографа – устройства, которое измеряет электрическую активность нейронов мозга. «Отпечатки мозга» получали, демонстрируя испытуемым несколько сотен стимулирующих изображений различных вещей, или слов. Среди изображений присутствовали фотографии животных, продуктов питания, всевозможных предметов, а также лица знаменитостей. После обработки полученных данных выяснилось, что у каждого испытуемого фиксировалась индивидуальная волновая картина мозговой реакции на то, или иное стимулирующее изображение, и при этом она была совершенно уникальна. Двух одинаковых «отпечатков мозга» выявить не удалось. Полученные исследователями в ходе опытов «отпечатки мозга» обеспечили точную идентификацию испытуемых в 100% случаев. Группа, над которой проводился эксперимент, насчитывала 50 человек. Отчет об этой научной работе опубликован в материале «CEREBRE: A Novel Method for Very High Accuracy Event-Related Potential Biometric Identification», вышедшем в издании The IEEE Transactions on Information Forensics and Security. Краткая информация об открытии опубликована на портале Science Daily. Исследователи отмечают, что такой метод биометрической идентификации куда более надежен, чем такие методы, как радужка глаза, отпечатки пальцев, или рисунок сосудов, и предлагают использовать его для доступа к очень важным данным, либо к таким ключевым объектам, как, например, «ядерный чемоданчик». Даже в том случае, если кто-то похитил «отпечаток мозга» на какое-либо стимулирующее изображение, что, как считают исследователи практически невозможно, можно использовать другие дополнительные стимулирующие изображения, например, изображение ложки вместо изображения вилки. [4]

И наконец, ученые из частного университета в Питтсбурге (Пенсильвания) разработали новый метод биометрической аутентификации. Они создали «отпечаток мозга», который позволит идентифицировать личность. Нейробиологам удалось воссоздать полное описание структуры связей между нервными клетками человеческого мозга. Они провели сравнение данных 699 людей, принимавших участие в исследовании. Для каждого случая был составлен «отпечаток мозга». Далее ученые более 17 000 раз проводили различные сеансы по аутентификации на основе ранее имеющихся данных и тех, которые были получены в качестве снимков МРТ. В результате специалисты заявили: «Мы получили максимальную точность, что подтверждает уникальность паттернов связей в центральном отделе нервной системы». Такое заключение позволяет ученым использовать «отпечаток мозга» как способ идентифицирования индивида. Тимоти Верстайнен, руководивший научной работой, добавил: «Снимок главного органа ЦНС показывает даже перенесенный человеком жизненный опыт. На синаптических связях нейронов отражаются патологические заболевания, стрессы, голод и мно-

гое другое. Продолжая изучение данного вопроса, можно открыть совершенно новые биомаркеры, которые расскажут о проблемах со здоровьем». [5]

Следует отметить, что стимулирующими головной мозг факторами могут служить звуковые раздражители например воспроизведение записи звуков природы (пение лесных птиц), фрагментов музыкальных произведений. Не меньший интерес представляет реакция головного на знаковые слова: «отец», «мать», «любимая» и т.д., так как на эти слова у каждого индивидуума в процессе жизни сложились строго детерминированные ассоциации.

Литература

1. <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=447175>
2. С. М. Гончаров, М. С. Вишняков. Идентификация пользователей на основе электроэнцефалографии с использованием технологий «Интерфейс Идентификация пользователей на основе мозг-компьютер»// <http://old.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2012-25-2/166.pdf>
3. <http://www.osp.ru/os/2012/06/13017103/>
4. <https://security.dirty.ru/>
5. <http://www.vladtime.ru/>

Статья рекомендована к печати кафедрой информационно-правового обеспечения безопасности.

The use of the electroencephalogram of the brain in biometric identification systems

F. T. Baruchin

*Bashkir State University
32 Zaki Validi Street, 450076 Ufa, Russia.*

Email: biomaster56@yandex.ru

The article examines the biometric characteristics based on the physiological differences of users, with particular emphasis on the encephalographic "drawing", as a form of biometric identification. The author suggested that stimuliruet brain factors can also serve as sound stimuli.

Keywords: biometrics, information security, EEG.