

Экспериментальные исследования в психологии

УДК 61:004.8 + 615.47 + 159.9:61
ББК Ю97

DOI: 10.14529/psy160105

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИКОВ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ХАОТИЧЕСКИХ РАДИОИМПУЛЬСОВ

М.А. Березин, А.Н. Казимиров, В.Ф. Тележкин

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Представлен анализ некоторых проблем применения информационно-коммуникационных технологий в российском здравоохранении, возникающих в связи с задачами разработки высокотехнологичного медицинского диагностического оборудования. На примере электрофизиологических и электроэнцефалографических исследований, в частности, показаны возможности нахождения IT-решений задач разработки современного диагностического оборудования для регистрации и анализа данных электроэнцефалограммы. Описаны некоторые принципы использования беспроводных сенсорных систем (БСС), которые чувствительны к какому-либо воздействию и применяются в дальнейшем регистрирующей или информационно-измерительной передающей аппаратурой, построенной на основе широкополосных хаотических сигналов. БСС применяются для целей разработки оборудования медицинской диагностики и энцефалографии как примера регистрации суммарного хаотического сигнала, обусловленного непрерывной деятельностью нейронов головного мозга. Показано, что радиоэлектронная система мониторинга представляет собой совокупность технических, радиотехнических, вычислительных и программных средств, позволяющую осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах работы головного мозга как сложной системы с целью контроля возникновения в ней диагностически значимых сигналов и передачи сообщений в единую систему.

Ключевые слова: электроэнцефалография, информационно-коммуникационные технологии в медицине, интеллектуальные беспроводные сенсорные системы, системы динамического хаоса.

В системе здравоохранения Российской Федерации в последние годы одним из наиболее динамично развивающихся направлений является разработка и производство высокотехнологичного медицинского диагностического оборудования, а также формирование комплексных и современных информационно-коммуникационных технологий (IT-решений) для здравоохранения. Применение таких технологий (процессов, методов поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов) предполагает использование приёмов, способов и методов с активным вовлечением средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и

использования данных. Кроме этого, для обеспечения задачи нахождения эффективных IT-решений требуется определение ресурсов, необходимых для сбора, обработки, хранения и распространения информации. Одной из областей применения IT-решений является оказание квалифицированной консультативно-диагностической помощи населению отдалённых регионов. Требования к качеству медицинской помощи (в частности, представленные в «Порядке оказания медицинской помощи по отдельным ее видам», стандартах медицинской помощи при отдельных заболеваниях) предписывают, что объем и качество такой помощи должны быть одинаковыми, вне зависимости от места проживания пациента и возможностей местных учреждений

здравоохранения. Одним из комплексных средств решения такого рода задач становится так называемая «Телекоммуникационная медицина» («Телемедицина»), представляющая собой, в основном, использование медицинскими организациями компьютерных и телекоммуникационных технологий для обмена медицинской информацией (как правило, в виде передачи данных по интернету или телекоммуникационным каналам).

Основными направлениями телемедицины в настоящее время являются:

1) проведение телемедицинских консультаций посредством передачи медицинской информации, как правило, по каналам телекоммуникационной связи либо в виде консультаций отдельных пациентов специалистами лично в формате он-лайн либо отсроченно – консультации ведущими специалистами из специализированных медицинских центров для своих коллег из учреждений здравоохранения первичного звена (как правило, на основании данных медицинской документации);

2) обучение студентов и медицинских работников в целях повышения их квалификации с помощью телекоммуникационных технологий, например, путем web-трансляций в режиме множественного («многоточечного») доступа лекций, видеоконференций, видеосеминаров, телетрансляции хирургических операций, теленаставничества как опосредованного телекоммуникационными средствами содействия более опытных специалистов применению обучаемыми полученных знаний и навыков непосредственно на своем рабочем месте и т. п.;

3) разработки так называемых мобильных телемедицинских комплексов (малогабаритных диагностических комплексов, основу которых составляет мощный компьютерный комплекс с периферическими устройствами, позволяющими относительно просто подключаться к современному «цифровому» медицинскому оборудованию, средствам беспроводной сетевой и видеосвязи, IP-вещания и т. п.), предназначенных для использования в условиях оказания скорой и санитарно-авиационной медицинской помощи в отдаленных территориях, при авариях и катастрофах и т. п.;

4) телемедицинские системы для динамического наблюдения за нуждающимися в нем пациентами с хроническими заболеваниями. Такого рода системы дистанционного биомониторинга включают в себя наборы биодатчи-

ков для регистрации биодатчиков, регистрирующих электрокардиограмму (ЭКГ), электроэнцефалограмму (ЭЭГ), артериальное давление и ряд других биоэлектрических и иных биометрических характеристик; комплексы для отправки информации средствами ГЛОНАСС, GPRS и т. п.

Необходимо отметить, что перечисленные выше направления представляют собой скорее «магистральные» направления развития телекоммуникационной медицины. В то же время в последние годы развиваются исследования и разработки на стыке этих и некоторых других вариантов IT-решений в медицине. В частности, одной из таких областей является стык в области разработки мобильных телемедицинских комплексов и телемедицинских систем динамического наблюдения. Вызывающим исследовательский интерес преимуществом первых является их принципиальная компактность и территориальная независимость от необходимости локализации в помещениях медицинских организаций, а вторых – возможность мультипараметрического мониторинга и контроля характеристик биовитагенной активности человека с помощью целой системы различных датчиков, интегрированных, например, в предметы одежды и /или способных передавать данные не только собственно на модули телемедицинских комплексов или систем, но и на различные основанные на IT-технологиях различные устройства (т. н. device, gadget, vidget и т. п.), получающие широкое распространение среди населения.

Вместе с тем, дальнейшему распространению IT-технологий в здравоохранении могут препятствовать не столько собственно технологические, сколько нормативно-правовые (бюрократические) проблемы. Так, например, Минздравом России принято решение о переходе к единой электронной истории болезни (амбулаторной карте) пациента, в которую должны включаться все сведения об истории жизни и болезни пациента (anamnesis vitae и anamnesis morbi). При этом существует определенная вероятность, что такого рода сведения, размещенные в электронных базах данных медицинской информации, могут стать достоянием лиц, для которых они вовсе не предназначены. При этом достоянием могут стать не только сведения, составляющие собственно врачебную тайну (разглашение которых подлежит уголовному преследованию), но и те или иные сведения, обнародование которых может вызвать негативный пуб-

личный резонанс (история детско-родительских отношений; история развития и жизни в детско-подростковом возрасте; пережитая, но редуцированная психопатологическая симптоматика и т. п.). Естественно, что в этом ряду наибольший интерес вызывает информация о нервно-психическом здоровье человека, и, естественно, что она в первую очередь должна подлежать защите в случае внедрения электронных медицинских документов и их распространения посредством современных IT-технологий. При этом следует учитывать, что, несмотря на все предпринимаемые меры защиты информации (как внутри самих медицинских информационных сетей, так и в случае использования/ заимствования систем защит в существующих сетевых технологиях, посредством которых могут они распространяться, например, Internet, Skype, GPRS и др.), риск несанкционированного доступа к такой информации остается достаточно высоким. Как следствие, вероятности утечки такого рода информации должны препятствовать специальные меры ее защиты.

Другой аспект разработки современных телемедицинских информационных комплексов и систем связан с необходимостью обеспечения, с одной стороны, компактности их устройства и простоты использования и эксплуатации (зачастую лицами, не обладающими специальными медицинскими знаниями и навыками), и, с другой стороны, необходимости получения с их помощью квалифицированных медицинских выводов, заключений и диагнозов. Как следствие, фактически в едином комплексе должны быть решены задачи разработки относительно простых периферических устройств и технологий получения с них биофизической и физиологической информации, с одной стороны, и реализации многомерных алгоритмов обработки такой информации и вынесения решений по результатам ее обработки, в том числе с использованием технологий из области искусственного интеллекта, с другой. В последнем случае неизбежным представляется создание диагностических (в том числе психодиагностических) телеинформационных комплексов класса экспертных систем.

Необходимо отметить, что в медицине и так называемой инструментальной диагностике как одной из ее отраслей имеется достаточно большой опыт решения задач регистрации биофизиологической информации (на примере фоно-, магнито-, изотопно-, электро- и ультра-

звуковой и иной диагностики). Доминирующее место среди них занимают методы электрофизиологической диагностики, а среди них, в свою очередь, – электрокардиография, сущностью которой является получение графического представления усредненного вектора потенциалов действия (в частном случае – разности этих потенциалов), возникающих в определенный момент работы сердца и проводящихся на поверхность тела. При этом решены некоторые из описанных выше проблем (см. Кассим Кабус Дерхим Али, 2014), например, бесконтактного получения информации о биоэлектрической активности сердца либо мониторинга этой активности на протяжении длительного периода времени; передача такой информации проводным и беспроводным способом; компьютерная программная обработка такой информации с относительно развернутым и надежным заключением о ней (диагностом), полученным, в том числе, посредством внесенных в компьютерные программы алгоритмов интерпретации данных (базы данных) и алгоритмов логического вывода (базы знаний), реализованных в многочисленных аппаратно-программных (компьютерных) комплексах (в том числе комплексах класса экспертных систем).

Значительно реже встречаются примеры реализации задачи IT-решений для электроэнцефалографии (ЭЭГ, регистрации биоэлектрической активности структур головного мозга), несмотря на то, что формально электроэнцефалография является одной из наиболее «разработанных» биомедицинских областей с хорошим технико-технологическим, аппаратно-программным и компьютерным обеспечением (Гуляев, Архипенко, 2012; Зенков, 1996; Иванов, 2000; Luders, Noachtar, 2000 и др.)

Электроэнцефалография направлена на выявление малейших изменений функции коры головного мозга и глубинных мозговых структур с миллисекундным временным разрешением, с возможностью качественного и количественного анализа функционального состояния головного мозга и его реакций при действии раздражителей путем изучения различных проявлений электрической активности мозга и, в частности, ее ритмичности (биоритмов).

В техническом и технологическом плане электроэнцефалография осуществляется с помощью специального прибора – электроэнцефалографа, регистрирующего усиленные данные от специальных электродов, расположен-

ных на кожной поверхности головы по определенной системе, например, по международным системам «10–20 %» или «10–10 %», в сравнении с данными от т.н. нулевого потенциала (биоэлектрических характеристик в области мочки уха или сосцевидного отростка височной кости). Полученные сигналы регистрируются на различных носителях информации (бумажном, электронном), при этом наиболее часто используется запись с частотой дискретизации 250 Гц, с временно-амплитудно-частотным масштабированием отображения ЭЭГ в пропорциях 7,5; 15; 30 и 60 мм/с.

В клиническом и исследовательском плане несомненным достоинством ЭЭГ является возможность мультипараметрического исследования ритмичности биоэлектрической активности головного мозга, отражающей согласованность работы разных структур мозга, за которой скрываются определенные схемы и механизмы обработки информации мозгом.

При этом развитие научных и прикладных аспектов использования ЭЭГ, связанные с появлением «количественной» (цифровой) электроэнцефалографии, тем не менее, не привели к уменьшению числа проблем регистрации, представления и интерпретации такого рода данных.

Так, не полностью разрешена проблема соответствия пиксельного представления энцефалограммы на мониторе (обусловленной двоичным характером формализации сигнала) ее «аналоговому» аналогу, записанному на бумажном носителе, даже если при этом производится распечатка «цифровой» ЭЭГ на принтере в виде, более привычном для врача-специалиста (Самойличенко, 2008).

Однако гораздо большие проблемы связаны с нерешенными задачами и ошибками регистрации ЭЭГ-потенциалов в связи с физическими (техническими) и физиологическими аспектами исполнения этой процедуры – так называемыми артефактами (см. Гуляев, Архипенко, 2013). Такого рода артефакты регистрируются на ЭЭГ-записи, несмотря на использование различных технических средств защиты от искажения истинных сигналов (частотные фильтры, специальные способы подавления синфазных сигналов в ЭЭГ, применение высокочувствительных «низкошумящих» усилителей переменного тока в качестве основных модулей электроэнцефалографов и т. п.)

При этом физические (технические, технологические) артефакты вызваны в основном

собственно дефектами, погрешностями технических сторон процедуры ЭЭГ (например, сетевая либо фоновая наводка, плохой контакт либо неточная локализация электрода, артефакт высокого импеданса и др.). Физиологические артефакты связаны, прежде всего, с влиянием физиологических процессов организма на точность регистрации собственно мозговой активности (например, наложение на ЭЭК электрофизиологических сигналов деятельности других органов и систем – так называемые электрокардиографические, миографические, кожно-гальванические, сосудистые реоэнцефалографические, электроокулографические и т.п. артефакты).

Несмотря на то, что ЭЭГ-артефакты имеют характерные особенности, позволяющие выделять их и устранять их при анализе энцефалограммы, их наличие обладает определенной клинической значимостью, связанной с особенностями состояния здоровья пациента.

С другой стороны, вариативность проявлений артефактов на энцефалограмме и сходство их рисунка с «безошибочными» ЭЭГ-записями требует своего учета при анализе ЭЭГ (например, при использовании электроэнцефалографов т.н. «экспертного класса») с целью исключения ошибок при вынесении диагноза (при том, что существуют достаточно клинически обоснованные принципы и алгоритмы их распознавания и выделения из состава ЭЭГ-записи).

Представляется, что описанные выше физические (технические, технологические) аспекты появления артефактов накладывают гораздо большие ограничения на возможность использования некоторых уже сформировавшихся подходов и приемов разработки предназначенных для телемедицинских целей аппаратно-программных комплексов. Так, артефакт высокого импеданса, возникающий на фоне нарушений контакта электрода с кожей пациента (ошибки в выборе точки наложения электрода или утрата его контакта с кожей, дефицит контактного геля или отхождения электрода от кожной поверхности и т. п.), проявляющийся картиной островолновой активности, в принципе ставит под сомнение возможность получения достоверной и информативной ЭЭГ бесконтактным методом (либо, по крайней мере, ограничивает применение такого подхода, либо требует разработки высокоточных датчиков с защитой от искажения получаемых сигналов).

Представляется, что для клинических целей контактный электронный способ регистрации ЭЭГ на сегодня остается ведущим. Дополнительным аргументом обоснованности такого вывода является сохранение до сих пор основного принципиального способа обеспечения достижения оптимального (либо приемлемого) входного сопротивления под электродом (измерение которого предшествует собственно регистрации ЭЭГ в связи с критичной чувствительностью к нему дифференциальных усилителей) – обезжиривание кожи и электрода с последующим нанесением токопроводящего вещества между ними.

В целом описанные выше проблемы и ограничения в регистрации ЭЭГ наряду со считающимися «классическими» сложностями регистрации этого варианта биопотенциалов – достаточно малые величины сигнала (в диапазоне единиц и десятков микровольт, мкВ) и практическое отсутствие его помехозащитности (Кирой, Ермаков, 1998) – требуют иного подхода к разработке телекоммуникационных технологий и основанных на IT-решениях аппаратно-программных комплексов для регистрации и анализа данных ЭЭГ.

В настоящее время достигнуто своеобразное усредненно-согласованное понимание электроэнцефалографической активности головного мозга как квазипериодических колебаний потенциала в форме единичных волн различной амплитуды и частоты (неупорядоченная ЭЭГ-активность) или групп близких по частоте волн (упорядоченная ЭЭГ-активность), проявляющихся, в том числе, в виде ритмически организованных последовательно следующих друг за другом разноамплитудных групп волн (так называемый ритм ЭЭГ). При этом амплитуда отдельных колебаний может весьма существенно различаться (Кирой, Ермаков, 1998).

В то же время следует согласиться и с мнением о том, что большинство феноменов, расцениваемых в качестве клинически патогномоничных, отражаются зачастую в виде «спонтанных», асинхронных, случайных и псевдохаотических явлений на ЭЭГ-записи. Стоящие за ними индивидуальные особенности «суммарной биоэлектрической активности» головного мозга требуют как описательных (статистических), так и нематематических методов, что на практике зачастую препятствует использованию методов «автоматического» формирования медицинского заключения, основанных на элементарных правилах

логики вывода (Гуляев, Архипенко, 2013). В то же время следует отметить, что достаточно широко встречающееся написание термина «спонтанные (фоновые) колебания биоэлектрической активности головного мозга», с одной стороны, опирается на представления о спонтанной активности как сущностной основе функционирования нервных клеток и нервной ткани в целом. С другой стороны, также широко известна точка зрения И.М. Сеченова, считавшего электрические колебания в нервной системе вовсе не спонтанными, поскольку в их основе лежат (пользуясь современной терминологией и представлениями) морфофизиологические явления (например, ионообменные процессы в меж- и внутриклеточной среде, а также на уровне клеточной мембраны, внутриклеточные метаболические процессы и т. д.), проявляющиеся многочисленными феноменами процессами в нервной клетке и нервном волокне (например, в виде различного рода потенциалов – мембранного потенциала, потенциала действия, постсинаптического градуального потенциала). В силу такого рода полиморфности детерминации электрической активности головного мозга ее взаимосвязь с вызывающими такую активность факторами не всегда может быть выявлена. Однако такого рода медико-биологическое знание совершенно необходимо для раскрытия природы «суммарной биоэлектрической активности головного мозга».

Вышеизложенное позволяет с достаточной долей обоснованности рассматривать задачу регистрации электроэнцефалографической активности с позиций оценки явлений, формирующихся в условиях так называемого «динамического хаоса» (ДХ) – сложного неперiodического движения, порождаемого нелинейными системами. Такой тип движения может возникать в отсутствие внешнего шума и полностью определяться свойствами детерминированной динамической системы. Разработанные с учетом явления ДХ новые технологии и системы (так называемые «хаотические системы») обладают большими возможностями по устранению негативных эффектов. Например, они способны обеспечить самосинхронизацию передатчика и приемника, могут реализовать нетрадиционные методы мультиплексирования и демупльтиплексирования. Одним из важных, по нашему мнению, аспектов использования такого рода технологий является применение беспроводных сенсорных систем на основе динамического хаоса в решении задач меди-

цинской диагностики. Так, например, экспериментальное поведение сложной системы зондируется путем наблюдения временной последовательности данных (ВПД) в течение какого-то интервала времени над некоторой существенной переменной.

В последнее время в различных областях техники и производства возрастает интерес к применению интеллектуальных беспроводных сетей приема-передачи информации (БСПИ) для сбора показаний временной последовательности данных (ВПД). Такие системы являются новым классом беспроводных сетей передачи информации и, в наиболее общем виде, представляют собой совокупность (сеть) необслуживаемых распределенных в пространстве миниатюрных электронных устройств (узлов сети), обладающих набором датчиков, микроконтроллером и радиочастотным приемопередатчиком для связи на короткие расстояния (Баскаков, 2009; Баскаков, 2012).

Основными особенностями беспроводных сенсорных сетей являются самоорганизация и адаптивность к изменениям в условиях эксплуатации, поэтому требуются минимальные затраты при развертывании сети на объекте и при последующем ее сопровождении в процессе эксплуатации, что находит свое применение, например, при решении задач строительного мониторинга (Тележкин, Казимиров, 2013). Микросистемная беспроводная технология применяется для построения сенсорных узлов беспроводных сетей, беспроводной (антенной) передачи данных, генерации и запаса энергии для беспроводного (автономного) питания и, в перспективе, допускает еще более высокие уровни интеграции и автономности беспроводных сенсорных узлов и сетей. В наиболее общем виде блок-схема автоматизирует

ванной беспроводной системы мониторинга, предназначенной для непрерывного контроля ВПД, имеет в целом стандартный вид (Айме, 2005, Nitaigour, 2007) и представлена на рис. 1.

Такого рода системы технически могут быть реализованы на основе отечественной аппаратно-программной платформы в виде беспроводной сенсорной сети, состоящей из распределенных в пространстве узлов с датчиками, одного шлюза (точка сбора) и сервера на базе персонального компьютера. Датчики подключаются к сенсорным узлам кабелями длиной до нескольких метров (в зависимости от типа датчика и схемы включения). Для организации беспроводной сети из узлов и шлюза используются маломощные радиочастотные приемопередатчики стандарта IEEE 802.15.4 нелицензируемого диапазона 2,4 ГГц. Дальность связи между соседними узлами (например, в случае массовых клинических обследований) определяется условиями распространения сигналов и может достигать нескольких десятков метров, либо в ситуации индивидуальной клинической диагностики, такой узел может быть единственным, но с увеличенным числом датчиков (от 16–24 до 256 в ситуации ЭЭГ-регистрации). Далее полученные результаты в виде пакета с цифровыми данными передаются по радиоканалу в точку сбора. При этом в общем случае сеть имеет многоячековую топологию, то есть каждый узел в случае необходимости имеет возможность ретранслировать пакеты для их доставки к точке сбора. Сенсорные узлы автоматически выполняют поиск маршрутов доставки пакетов как при первоначальном развертывании сети, так и в случае деактивации соседних узлов, за счет этого достигается более высокая степень надежности по сравнению с проводными системами передачи данных.

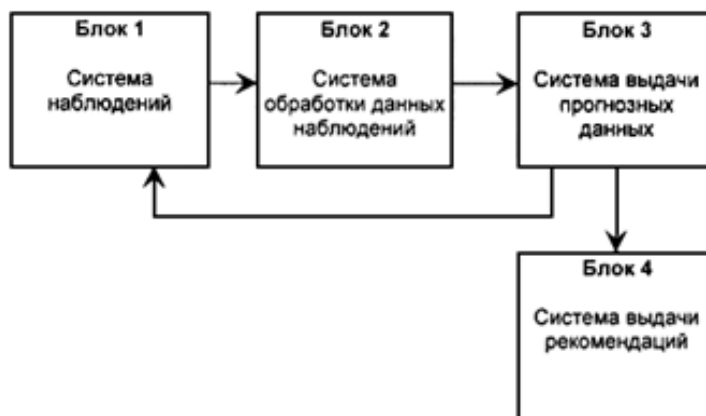


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга ВПД

Экспериментальные исследования в психологии

Структурная схема (СС) отдельного узла сенсорной сети (рис. 2) описывает, в том числе, датчик сенсорной сети, который содержит в своем составе радиомодем, включающий маломощный передатчик и микроконтроллер (МК). В свою очередь, МК имеет в своем составе вычислительное ядро, ОЗУ, Flash, ПЗУ, EEPROM, АЦП, блок обработки прерываний, определенную номенклатуру интерфейсов и ряд иных периферийных узлов (в зависимости от задач и типа конкретного устройства), узел питания. В цепях питания реализуется защита от перенапряжения и от переполносования клемм. Возможна дополнительная схема для подачи питания от внешнего источника; блок визуализации (для отображения текущего состояния устройства; опционально); блок ввода (для смены режимов работы, перезагрузки и т. д.; опционально); интерфейсный блок, содержащий те или иные порты ввода/вывода, например, программирования или подключения внешнего датчика.

Данные, полученные от сенсорных узлов, шлюз сохраняет в энергонезависимой памяти, отмечая время их поступления и другую служебную информацию для однозначного последующего восстановления из архива собранных данных. Таким образом, шлюз выполняет функцию автономного регистратора показаний, поступающих от распределенных датчиков. Далее с помощью специального программного обеспечения информация из

шлюза может быть загружена на сервер для отображения и последующей обработки (Кучерявый, 2006).

Радиоэлектронная система приема-передачи информации (РСПИ) обеспечивает только сбор, регистрацию и отображение показаний от множества датчиков. Дальнейшая интерпретация и анализ полученных данных требуют применения экспертных знаний, применение интеллектуальных информационных технологий и специализированных математических пакетов. Применительно к решению задачи анализа энцефалографических данных (ВПД) такого рода специализированные профессиональные знания (включая совокупность теоретических медико-биологических сведений и индивидуального опыта и навыков их применения) может быть реализована в базах данных и базах знаний современных компьютерных экспертных систем медицинской психодиагностики (Червинская, 2008, Беребин, 2010), компенсирующих очевидный дефицит высококвалифицированных специалистов-диагностов либо отсутствие у них возможности участия в клинико-инструментальном исследовании конкретного случая.

При проектировании подобных РСПИ требуется решать задачу распределения и преобразования взаимодействующих между собой потоков информации. Оптимальным решением может быть применение широкополосных (сверхширокополосных – СШП) сигналов и применение стандарта беспровод-

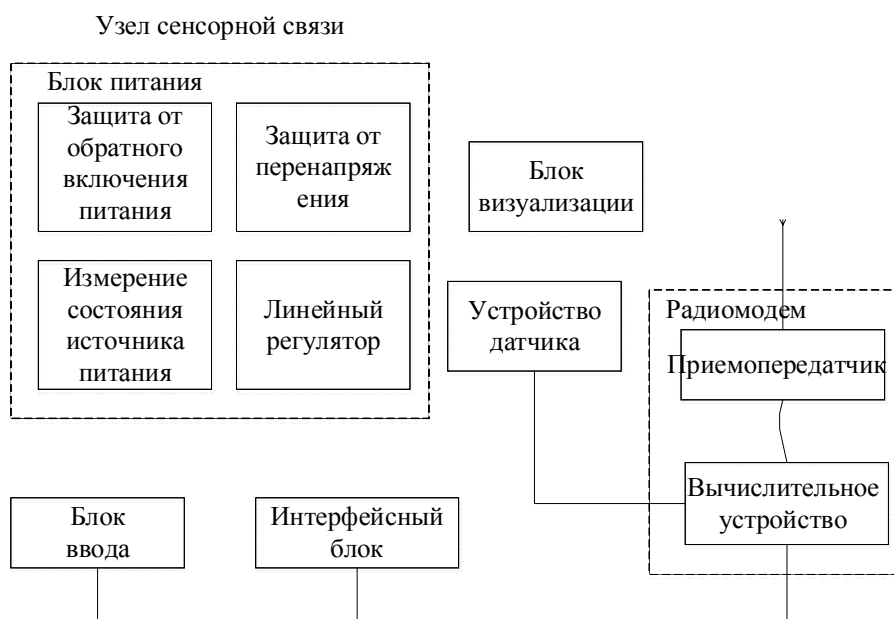


Рис. 2. Структурная схема узла сенсорной связи

ных персональных коммуникационных сетей (WPAN) – IEEE 802.15.4a. Для этого могут применяться генераторы хаотических колебаний, в которых широкополосные сигналы могут формироваться на основе хаотического сигнала (при этом могут использоваться как аналоговые, так цифровые генераторы хаоса).

Интенсивное исследование коммуникационных схем, использующих хаотические сигналы, поставило на повестку дня вопрос о принципиальных возможностях динамического хаоса в организации новых нетрадиционных способах многопользовательского доступа. Одно из потенциальных решений связано с использованием фрагментов хаотических сигналов непосредственно в качестве расширяющих последовательностей для прямого расширения спектра информационного сигнала в технологии кодового разделения сигналов. Вместе с тем актуальным является поиск многопользовательских схем связи, опирающихся на специфические свойства динамического хаоса. Накопленный к настоящему времени опыт построения экспериментальных схем связи, использующих хаотические колебания в качестве носителя информации, свидетельствует о достижении определенной степени конфиденциальности передачи. Действительно, стороннему наблюдателю зачастую невозможно напрямую извлечь полезный сигнал из смеси его с хаотическим сигналом. Выше описывалось, что уровень конфиденциальности, степень скрытности передачи далеко не всегда удовлетворяют даже требованиям закрытых каналов связи. При этом не очевидно, что решение задачи обеспечения конфиденциальности и качества передачи стойких к несанкционированному доступу медицинских данных по специальным каналам связи должны стать предметом деятельности специалистов-криптологов и криптоаналитиков. Вместе с тем, процедура ввода полезного сигнала в хаотический и его последующее извлечение (хаотическое кодирование / декодирование), способные обеспечить определенную степень приватности передачи, представляют собой самостоятельную ценность и могут быть использованы в уже существующих каналах связи. Важным здесь является вопрос интегрируемости такой процедуры в известные и широко используемые системы связи. Такого рода исследования, с одной стороны, могут привнести новое качество в известные технические решения, и, с другой стороны, существенно ускорить процесс не-

посредственного внедрения идей хаотической динамики, поскольку для их реализации не требуется осуществлять системные разработки «с нуля», а предоставляется возможность использовать методы хаотического кодирования в существующих коммуникационных технологиях. С этой точки зрения привлекательными представляются современные цифровые коммуникационные системы и, прежде всего, компьютерные сети. Возможно использовать при решении коммуникационных задач определенные свойства хаотических колебаний как неперiodических нерегулярных сигналов, обладающих сплошным спектром мощности и быстро спадающей автокорреляционной функцией. Эти характеристики ставят их потенциально в один ряд с шумоподобными псевдошумовыми сигналами, широко применяемыми в современной технике связи. Поиск места хаотических сигналов, использование их специфических свойств и особенностей – одна из важных задач на пути построения новых нетрадиционных систем связи, использующих хаотические колебания в качестве информационного носителя.

В заключение необходимо отметить, что направление, связанное с использованием хаоса в информационных технологиях, может получить свое развитие в решении вопросов обеспечения защищенности медицинской информации. Специфические свойства хаотических колебаний делают их привлекательными с точки зрения процессов обработки, построения схем передачи медицинской информации. К таким свойствам относятся:

- естественная широкополосность хаотических сигналов, свидетельствующая о потенциально большой информационной емкости;
- возможность «вложения», хранения и извлечения с использованием хаоса большого количества полезной информации;
- генерация сложных, в том числе нерегулярных колебаний с помощью относительно простых по структуре систем;
- многообразие хаотических режимов (мод), формируемых с помощью одного источника;
- потенциально высокие скорости модуляции по отношению к традиционным методам за счет высокой чувствительности хаотических систем к внешним возмущениям;
- возможность применения нетрадиционных методов мультиплексирования/ демультиплексирования;

- самосинхронизация передатчика и приемника;
- определенная степень конфиденциальности при передаче сообщений с использованием хаотической несущей.

Литература

1. Айме, К.А. Мониторинг зданий и котлованов, ч. 2 / К.А. Айме // *Строительные материалы, оборудование, технологии века*. – 2005. – № 11. – С. 37–39.
2. Баскаков, С.С. Построение систем телеметрии на основе беспроводных сенсорных сетей / С.С. Баскаков // *Автоматизация в промышленности*. – 2012. – № 12. – С. 30–36.
3. Баскаков, С.С. Беспроводные системы сбора данных на базе радиочастотных модулей ML-Module-Z. / С.С. Баскаков // *Беспроводные технологии*. – 2009. – № 1. – <http://www.meshlogic.ru/data/publications/ML-Module-Z.pdf> (дата обращения: 03.12.2015).
4. Березин, М.А. Методология и практика разработки методик клинической(медицинской) психодиагностики на основе применения экспертного метода, методик обработки экспертных оценок и методов многомерного анализа данных / М.А. Березин // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. – 2010. – №27(203). – С. 9–12.
5. Гуляев, С.А. Артефакты электроэнцефалографического исследования: их выявление и дифференциальный диагноз / С.А. Гуляев, И.В. Архипенко // *Регулярные выпуски «Российского медицинского журнала» №10 от 23.04.2013*, рубрика «Неврология». стр. 486. – http://www.rmj.ru/articles/nevrologiya/Artefakty_elektroencefalograficheskogo_issledovaniya_ih_yuyavlenie_i_differencialnyy_diagnoz (дата обращения: 12.12.2015)
6. Гуляев, С.А. Электроэнцефалография в диагностике заболеваний нервной системы / С.А. Гуляев, И.В. Архипенко и др. – Владивосток: изд-во ДВГУ, 2012. 200 с.
7. Зенков, Л.Р. Электроэнцефалография с элементами эпилептологии / Л.Р. Зенков. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1996.
8. Иванов, Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография / Л.Б. Иванов. – М.: Антитор, 2000.
9. Кассим Кабус Дерхим Али. Телекоммуникационная система мониторинга ЭКС и организации экстренной медицинской помощи / Кассим Кабус Дерхим Али // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 3. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/telekommunikatsionnaya-sistema-monitoringa-eks-i-organizatsii-ekstrennoy-meditsinskoj-pomoschi> (дата обращения: 12.12.2015).
10. Кирой, В.Н. Электроэнцефалограмма и функциональные состояния человека / В.Н. Кирой, П.Н. Ермаков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1998. – 264 с.
11. Кучерявый, Е.А. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // *Электросвязь*. – 2006. – № 6. – С. 10–15.
12. Самойличенко, Е.А. Проблемы отображения ЭЭГ-сигнала в компьютерных системах / Е.А. Самойличенко // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2008. – № 5. – С. 144–145.
13. Тележкин, В.Ф. Генератор фрактального сигнала для радиотехнических систем / В.Ф. Тележкин, А.Н. Казимиров // *Сб. трудов 15-й Международной конференции в г. Москве (март 2013 г.) «Цифровая обработка сигналов и её применение»*. Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова.
14. Червинская, К.Р. Психологическая концепция извлечения экспертных знаний на моделях медицинской психодиагностики / К.Р. Червинская // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. – 2008. – № 32 (132). – С. 68–80.
15. Luders H., Noachtar S. eds. *Atlas and Classification of Electroencephalography* / H. Luders, Noachtar S. (eds.). – Philadelphia: WB Saunders, 2000. – 208 p.
16. Nitaigour, P.M. (Ed.) *Sensor networks and configuration: fundamentals, standards, platforms, and applications* / P.M. Nitaigour (Ed.) .– Springer, 2007. – 530 p.

Березин Михаил Алексеевич, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой клинической психологии, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), berebinma@susu.ru

Казимиров Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), kazimirovan@susu.ac.ru

Тележкин Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), telezhkinvf@susu.ru

Поступила в редакцию 11 ноября 2015 г.

INTELLIGENT WIRELESS SENSOR SYSTEMS OF MEDICAL MONITORING THE ELECTROENCEPHALOGRAPHIC DATA BASED ON TRANSCIVERS ULTRAWIDEBAND CHAOTIC RADIO IMPULSES

M.A. Berebin, berebinma@susu.ru

A.N. Kazimirov, kazimirovan@susu.ru

V.F. Telezhkin, telezhkinvf@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article gives a detailed analysis of some problems of information and communication technologies application to the Russian healthcare system, arising from the objectives of the development of high-tech medical diagnostic equipment. For example, electrophysiological and electroencephalographic studies, in particular, it is shown the possibility of finding IT-solutions of development of modern diagnostic equipment for the registration and analysis of EEG data. We describe some guidelines for using wireless sensor networks (WSN) based on dynamic chaos (DC) for the development of medical diagnostic equipment and EEG as an example of registration the total chaotic signal resulting from continuous activity of brain neurons. It is shown that the radio-electronic monitoring system is a set of technical, radio, computer and software for the collection and processing of information on the various parameters of the brain as a complex system in order to control the emergence in it diagnostically meaningful signals and messaging into a single system.

Keywords: EEG, information and communication technologies in medicine, intelligent wireless sensor systems, dynamic chaos systems.

References

1. Ayme K.A. [Monitoring of Buildings and Pits]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii veka* [Building materials, Equipment and Technologies of the Century], 2005, no. 11, pp. 37-39. (in Russ.)
2. Baskakov S.S. [Construction of Telemetry Systems Based on Wireless Sensor Networks]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Industrial Automation], 2012, no. 12, pp. 30–36. (in Russ.)
3. Baskakov S.S. *Besprovodnye sistemy sbora dannykh na baze radiochastot-nykh moduley ML-Module-Z* [Wireless Data Acquisition System Based on the ML-Module-Z RF Modules] *Besprovodnye tekhnologii* [Wireless Technology]. Available at: <http://www.meshlogic.ru/data/publications/ML-Module-Z.pdf> (accessed 03.12.2015).
4. Berebin M.A. *Metodologiya i praktika razrabotki metodik kliniche-skoy(meditsinskoy) psikhodiagnostiki na osnove primeneniya ekspertnogo metoda, metodik obrabotki ekspertnykh otsenok i metodov mnogomernogo analiza dannykh* [Methodology and Practice of Development of Clinical Methods (Medical) Psycho-diagnostics on the Basis of Expert Technique, Processing Techniques of Expert Assessments and Multivariate Data Analysis Techniques]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Psychology*, 2010, no. 27(203), pp. 9–12. (in Russ.)
5. Gulyaev S.A., Arkhipenko I.V. *Artefakty elektroentsefalograficheskogo issledovaniya: ikh vyyavlenie i differentsial'nyy diagnoz* [Artifacts Electroencephalographic Studies: their Detection and Differential Diagnosis]. Available at: http://www.rmj.ru/articles/nevrologiya/Artefakty_elektoencefalograficheskogo_issledovaniya_ikh_vyyavlenie_i_differentsialnyy_diagnoz/ (accessed: 23.04.2015)
6. Gulyaev S.A., Arkhipenko I.V. *Elektroentsefalografiya v diagnostike zabolevaniy nervnoy sistemy* [Electroencephalography in the Diagnosis of Diseases of the Nervous System]. Vladivostok, DVGU Publ., 2012. 200 p.
7. Zenkov L.R. *Elektroentsefalografiya s elementami epileptologii* [Electroencephalography with Elements Epileptology]. Taganrog, TRTU Publ., 1996. 358 p.
8. Ivanov L.B. *Prikladnaya komp'yuternaya elektroentsefalografiya* [Computer Electroencephalography]. Moscow, Antidor Publ., 2000. 256 p.
9. Kassim K.D.A. *Telekommunikatsionnaya sistema monitoringa EKS i or-ganizatsii ekstrennoy meditsinskoy pomoshchi* [The Telecommunications System of Monitoring Pacemaker and Organization of Emergency Medical Aid]. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/telekommunikatsionnaya-sistema-monitoringa-eks-i-organizatsii-ekstrennoy-meditsinskoy-pomoschi> (accessed 12.12.2015).
10. Kiroy V.N., Ermakov P.N. *Elektroentsefalogramma i funktsional'nye sostoyaniya cheloveka* [EEG and Functional Condition of the Person]. Rostov-na-Donu, Rostov university Publ., 1998. 264 p.
11. Kucheryavy E.A., Molchan S.A., Kondrat'ev V.V. [Principles of Sensors and Sensor Networks]. *Elektrsvyaz'*, 2006, no. 6, pp. 10–15. (in Russ.)

12. Samoylichenko E.A. [Problems of Display of EEG Signal in Computer Systems]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the SFU. Technical Science], 2008, no. 5, pp. 144–145. (in Russ.)
13. Telezhkin V.F., Kazimirov A.N. *Generator fraktal'nogo signala dlya ra-diotekhnicheskikh system* [Fractal Generator Signal for Radio Systems]. *Tsifrovaya obrabotka signalov i ee primeneniye* [Digital Signal Processing and its Applications]. Moscow, Rossiyskoe nauchno tekhnicheskoe obshchestvo radiotekhniki, elektroniki i svyazi imeni A.S. Popova [Russian Scientific Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communication named after A.S. Popov] Publ., 2013.
14. Chervinskaya K.R. [Psychological Concept Extraction Expertise on Medical Models Psychodiagnosis]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Psychology*, 2008, no. 32 (132), pp. 68–80. (in Russ.)
15. Luders H., Noachtar S. (Ed.) *Atlas and Classification of Electroencephalography*, Philadelphia, WB Saunders Publ., 2000. 208 p.
16. Nitaigour P.M. (Ed.) *Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications*. Springer, 2007, pp. 510.

Received 11 November 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Беребин, М.А. Интеллектуальные беспроводные сенсорные системы медицинского мониторинга электроэнцефалографических данных на основе приемопередатчиков сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов / М.А. Беребин, А.Н. Казимиров, В.Ф. Тележкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 44–54. DOI: 10.14529/psy160105

FOR CITATION

Berebin M.A., Kazimirov A.N., Telezhkin V.F. Intelligent Wireless Sensor Systems of Medical Monitoring the Electroencephalographic Data Based on Transceivers Ultra-wideband Chaotic Radio Impulses. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Psychology*. 2016, vol. 9, no. 1, pp. 44–54. (in Russ.). DOI: 10.14529/psy160105