

УДК: 616-71

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА ДИСТАНЦИОННОГО КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА**

В.И. КУЗНЕЦОВ², С.А. ТАРАКАНОВ³, Н.И. РЫЖАКОВ¹, А.Н. НИКИТЕНКО¹, А.А. РАССАДИНА³

Контактное лицо: Рассадина Анна Александровна, тел. (812) 376-38-52, 8-950-047-25-58,
e-mail: a.a.rassadina@gmail.com

¹ Кафедра физики и техники оптической связи Национального Исследовательского Университета Информационных Технологий, Механики и Оптики;

² Общество с ограниченной ответственностью «Конструкторское бюро современных технологий Санкт-Петербургского Государственного Университета ИТМО»;

³ Центр медицинского, экологического приборостроения и биотехнологий Национального Исследовательского Университета Информационных Технологий, Механики и Оптики.

Аннотация: Вниманию читателя предлагается описание особенностей работы программного обеспечения, созданного авторами для уникального аппаратно-программно-алгоритмического комплекса дистанционного кардиореспираторного мониторинга, работающего в режиме реального времени, и предназначенного для измерений ЭКГ и дыхательного ритма.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, кардиореспираторная диагностика.

**SOFTWARE OF THE APPARATUS-PROGRAM-ALGORITHMIC COMPLEX OF REMOTE CAR-
DIORESPIRATORY MONITORING**

V.I. KUZNETSOV², S.A. TARAKANOV³, N.I. RYZHAKOV¹, A.N. NIKITENKO¹, A.A. RASSADINA³

Tel.: (812) 376-38-52, 8-950-047-25-58, e-mail: a.a.rassadina@gmail.com

¹ Chair of physics and equipment of optical communication of National Research University of Information Technologies, Mechanics and Opticians;

² Limited liability company «Design office of modern technologies of the St. Petersburg State University ITMO»;

³ Center of medical, ecological instrumentation and biotechnologies of National Research University of Information Technologies, Mechanics and Opticians.

Abstract: The description of features of work of the software created by authors for unique a hardware and program and algorithmic complex the remote cardiorespiratory on-line monitoring, and intended for measurements of an electrocardiogram and a respiratory rhythm is offered to attention of the reader.

Key words: remote monitoring, cardiorespiratory diagnostics.

Введение

Постоянный контроль сердечно-сосудистой и респираторной функций организма человека является важной медицинской задачей, сохраняя жизнь и здоровье многих пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также людей, профессиональная деятельность которых связана с повышенными нагрузками. Альтернативой стационарному наблюдению при постоянном диагностическом контроле может стать дистанционная диагностика, осуществляемая средствами современных телекоммуникационных систем. Для реализации таких систем необходимо специализированное программное обеспечение, позволяющее решать следующие задачи:

- сбор и хранение диагностируемых сигналов с использованием алгоритмов сжатия;
- обработка диагностируемых сигналов и выявление критических отклонений;
- передача диагностированных сигналов в специализированные *дистанционные диагностические центры* (ДДЦ) и при необходимости предупреждение пациента;
- осуществление связи между специалистами ДДЦ и пациентом.

Целью настоящей публикации является желание авторов познакомить читателей с аналитическими задачами, решенными нашим творческим коллективом при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в процессе разработки уникального *программного обеспечения* (ПО) для *аппаратно-программно-алгоритмического комплекса* (АПАК) дистанционного кардиореспираторного мониторинга. Решенные задачи позволят внедрить в современную медицинскую практику новейшие достижения телекоммуникационных систем.

Объектом исследования в публикации стали технические задачи, решаемые разработчиками программного обеспечения при создании медицинских диагностических телеметрических комплексов и современные технические устройства, поддерживающие ПО и связь между элементами АПАК.

Особенности ПО для АПАК дистанционного кардиореспираторного мониторинга

Современные дистанционные кардиореспираторные устройства [1-8] представляют собой систему, состоящую из носимого пациентом диагностического прибора, телефона-трансивера и удаленного сервера. Передача сигналов такими устройствами в специализированные ДДЦ осуществляется автоматически, без участия человека, двумя способами: непосредственно через передатчик носимого диагностического устройства, либо через телефон-трансивер. При этом функционирование диагностического устройства носит кратковременный характер и требует частой подзарядки, т. к. объем передаваемой информации связан с большими расходами электроэнергии на передачу сигнала. Уменьшение расхода энергии на передачу сигнала возможно при реализации дополнительных алгоритмов, выявляющих отклонения диагностируемых параметров от нормы.

В АПАК дистанционного кардиореспираторного мониторинга впервые реализована возможность проводить и передавать на оборудование диагностических центров длительные (месяц и более) он-лайн измерения кардиологических и респираторных параметров благодаря уникальному программному обеспечению и применению Интернет-технологий. При этом диспетчер удаленного диагностического центра может просматривать снимаемые характеристики, как в режиме реального времени, так и из архива на сервере.

Устройство АПАК состоит из:

- носимого диагностического устройства;
- телефона-трансивера (мобильного телефона пациента);
- оборудование сотового оператора;
- серверного оборудования ДДЦ.

Программное обеспечение АПАК построено на клиент-серверной архитектуре. Клиентами АПАК (с точки зрения архитектуры программного обеспечения) являются мониторируемые пациенты и эксперты ДДЦ. Их взаимодействие организовано с помощью сервера, который принимает данные от носимых устройств пациентов, архивирует, анализирует и предоставляет в удобном для экспертов виде (графики, таблицы).

Разработанная архитектура ПО содержит три основные части:

1. ПО носимого диагностического устройства (Client Patient). ПО установлено на общем для всего устройства микроконтроллере, и выполняет следующие действия:

- Снимает и фильтрует показания с датчиков. В частности, при поступлении на микроконтроллер сигнала от трехосного акселерометра, применяемого для диагностики дыхания, ПО осуществляет фильтрацию таким образом, чтобы выделить из него лишь ту периодическую составляющую, которая характеризует движения грудной клетки, связанные непосредственно с дыхательным процессом, а не речью человека.

- Распознает нарушения в сигнале ЭКГ и дыхания, самостоятельно их идентифицируя, в зависимости от серьезности нарушений, и принимает решения о дальнейших действиях: от простого уведомления пациента до отправки на сервер ДДЦ экстренного сигнала. Вне зависимости от важности нарушений вся информация записывается и может быть передана на сервер ДДЦ по запросу врача, где ее получает и обрабатывает эксперт, который принимает решения о дальнейших действиях относительно пациента.

- Синхронизирует поступающие и отправляемые на сервер данные с использованием часов реального времени.

- Хранит информацию о снимаемых показателях, параметрах системы, настройках и др. в энерго-независимой памяти, обеспечивающей защиту от потери важной медицинской информации даже в том случае, когда у пациента нет возможности зарядить батарею.

- Обеспечивает не постоянную, а порционную передачу данных по мере накопления измеряемых параметров.

- Снабжено функцией приоритетного отчета: если пациент ощущает дискомфорт, испытывает нарушения дыхания или сердцебиения, чувствует боль в сердце или груди и др., он может нажать на специальную кнопку на приборе, и вся информация о его текущем состоянии будет передана на сервер ДДЦ в приоритетном режиме. Эта функция может использоваться в качестве экстренной помощи – сигнала SOS.

- Программирование и настройка носимого устройства, считывание записываемых в ходе измерений данных, осуществляется врачом через интерфейс USB.

2. ПО для экспертов дистанционного диагностического центра (Client Doctor):

- Предоставляет графический интерфейс для работы с базой пациентов дистанционного кардиореспираторного мониторинга, с кардиореспираторными данными пациентов и с результатами анализа кардиореспираторных данных.

- Протоколирует действия эксперта дистанционного диагностического центра.

- Сигнализирует эксперту дистанционного диагностического центра в срочном порядке о серьезных нарушениях в кардиореспираторных параметрах.

3. Серверное ПО (Server) дистанционного диагностического центра:

- Принимает кардиореспираторные данные от носимых устройств пациентов.
- Преобразует кардиореспираторные данные в единый формат, требуемый для проведения анализа кардиореспираторных данных на наличие нарушений.
- Сохраняет в базе данных полученные кардиореспираторные данные.
- Выполняет анализ данных и сохраняет результаты анализа с помощью специального модуля для анализа кардиореспираторных данных.
- Хранит и обеспечивает доступ к базам данных: база экспертов дистанционного диагностического центра, база пациентов, база кардиореспираторных данных пациентов и другие базы данных.
- В случае обнаружения серьезного нарушения в кардиореспираторных параметрах пациента в срочном порядке сигнализирует эксперту дистанционного диагностического центра посредством клиентского программного обеспечения.

Диаграмма функциональных блоков программного обеспечения АПАК представлена на рис. 1.

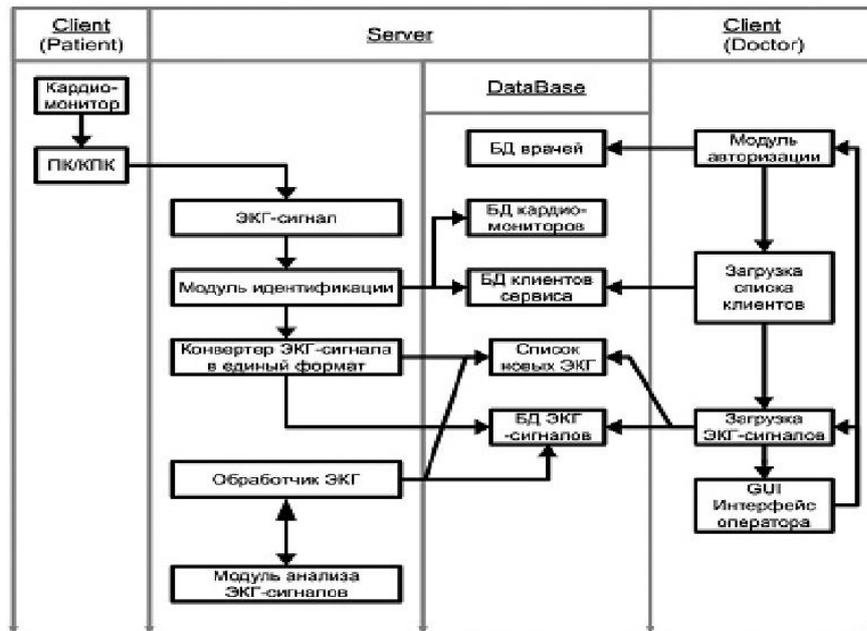


Рис. 1. Диаграмма функциональных блоков программного обеспечения

Передача данных между носимым устройством и мобильным телефоном пациента осуществляется по беспроводной технологии Bluetooth с использованием алгоритмов сжатия потоков информации. Данное техническое решение представляется наиболее рациональным и универсальным, поскольку обеспечивает максимальное удобство и мобильность при использовании, существенно увеличивает время автономной работы носимого устройства и уменьшает его габариты. Решение обосновано и с экономической точки зрения, поскольку у большинства потенциальных диагностируемых пациентов есть мобильные телефоны, поддерживающие технологию Bluetooth.

Передача данных от мобильного телефона на серверное оборудование сотового оператора происходит через сотовые сети UMTS с применением технологии беспроводной пакетной передачи данных: General Packet Radio Service (GPRS), Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE), а так же 3G, в зависимости от сети покрытия сотового оператора, посредством мобильного телефона пациента. Эта технология также поддерживается на большинстве мобильных телефонов.

Передача данных между сотовым оператором и оборудованием ДДЦ осуществляется посредством сети Интернет, аналогично осуществляется передача данных между ДДЦ и терминалом ДДЦ.

Заключение

В центре медицинского, экологического приборостроения и биотехнологий НИУ ИТМО разработало уникальное ПО, предназначенное для АПАК дистанционного кардиореспираторного мониторинга. ПО построено на клиент-серверной архитектуре и включает в себя ПО носимого диагностического устройства, ПО для экспертов ДДЦ, серверное ПО. ПО позволяет осуществлять: регистрацию, обработку и хранение диагностируемых сигналов, передачу сигналов на серверное оборудование дистанционного диагностического центра средствами мобильной связи и Интернет, осуществляет связь между ДДЦ и пациентом. Решенные задачи необходимы для дальнейшего развития нового направления в медицине - телемедицины дистанционной диагностики.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Литература

1. Dorn, R. A 3-channel ECG measuring system for wireless applications / R. Dorn, M. Volker, H. Neubauer [et al.] // MeMeA 2006 – International Workshop on Medical Measurement and Applications, Benevento, Italy, 20-21 April. – 2006. – P. 49–52.
2. Goñi, A. Architecture, cost-model and customization of real-time monitoring systems based on mobile biological sensor data-streams / A. Goñi, A. Burgos, L. Dranca [et al.] // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2009. – V. 96 (2) – P. 141–157.
3. Lee, H. J. Ubiquitous healthcare service using Zigbee and mobile phone for elderly patients / H.J. Lee, S.H. Lee, K. Ha [et al.] // International Journal of Medical Informatics. – 2009. – V. 78 (3). – P. 193–198.
4. Picard, R.W. Relative subjective count and assessment of interactive technologies applied to mobile monitoring of stress / R.W. Picard, K.K. Liu // International Journal of Human-Computer Studies. – 2007. – V. 65 (4). – P. 361–375.
5. Su, C.J. Mobile multi-agent based, distributed information platform (MADIP) for wide-area e-health monitoring / C.J. Su // Computers in Industry. – 2008. – V. 59 (1). – P. 55–68.
6. Warren, I. Telehealth: A Mobile Service Platform for Telehealth / I. Warren, T. Weerasinghe [et al.] // Procedia Computer Science. – 2011. – V. 5. – P. 681–688.
7. Wen, C. Real-time ECG telemonitoring system design with mobile phone platform / C. Wen, M. Yeh, K. Chang, R. Lee // Measurement. – 2008. – V. 41 (4). – P. 463–470.
8. Winkler, S. A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology – Feasibility study / S. Winkler, M. Schieber, S. Lücke [et al.] // International Journal of Cardiology. – 2011. – Vol. 153. – Is. 1. – P. 55–58.