

УДК 681.518+61

Марценко С.В., Мацюк О.В., Мытник О.М., Лобур Т.Б., Пасичник В.В.**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕЛЕМОНИТОРИНГА
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Введение. Использование информационных технологий и сервисов Интернета вещей позволяет решать широкий круг разнообразных задач во многих областях человеческой деятельности. По оценкам специалистов информационных технологий, сервисы Интернета вещей развиваются в основном в двух направлениях: потребительские (массовые) и промышленные (критические) [1].

Одним из актуальных применений Интернета вещей является разработка и внедрение телемедицинских систем, которые формируются на основе встроенных информационно-телекоммуникационных средств регистрации физиологических параметров состояния человека и их постоянного контроля. Общемировой среднегодовой темп роста количества телемедицинских сервисов составляет 19% [2]. Специалистами прогнозируется дальнейшее стремительное развитие и распространение мобильных устройств телемониторинга состояния здоровья с использованием сетей мобильной связи.

Предполагается, что к 2020 году около четырех миллионов пациентов будут дистанционно контролировать состояние своего здоровья [3, 4]. Опосредованной характеристикой при этом могут служить статистические данные по посещаемости веб-страниц, которые содержат контент о здравоохранении, она выросла в течение 2010–2011 годов на 134% [2].

Анализ источников. Авторами статьи обработано более 100 публикаций в авторитетных отечественных и иностранных научных изданиях, а также документы ¹Request for Comments (RFC) в области телемедицины.

По результатам исследования, проведенного в 2007 году Всемирной организацией здравоохранения, выявлено и проанализировано более 100 определений понятия телемедицины, которое в обобщенном представлении трактуется как: «Предоставление услуг в области здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, используют информационные и коммуникационные технологии для обмена необходимой информацией с целью диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведение исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в интересах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ» [5, 6, 7].

Новейшие средства построения различных архитектур телемедицинских систем базируются на современных достижениях в таких наукоемких отраслях, как информатика, радиоэлектроника, связь, математика, биофизика, медицинское приборостроение [8]. В работе [9] рассмотрены функциональные схемы таких систем, в частности для мониторинга биофизических экспериментов, мониторинга функционального состояния пациентов на дому и для управления скринингом онкологических заболеваний. В [10] проанализированы применения концептуальных основ телемедицины во время преодоления последствий авткатастроф, чрезвычайных ситуаций и в дистанционном мониторинге, авторами предложена общая архитектура системы телемедицины, которая реализует функции телемедицин-

ского и врачебного отдела медицинского учреждения.

Исчерпывающий анализ применения сетей связи при оказании телемедицинских услуг в условиях движущегося транспортного средства (скорой помощи) приведен в работе [11].

В статье [12] проанализированы концепт нателных беспроводных сетей (Wireless Body Area Network), алгоритмы их опроса и примеры intra-body и extra-body коммуникаций в Wireless Body Area Network.

В ряде военных медицинских учреждений Украины внедряются телемедицинские системы и средства. В главном военном-медицинском клиническом центре (Украина) установлено оборудование, которое позволяет в дистанционном режиме наблюдать за процессами, происходящими в операционных центра. Это является важным, в частности в процессах срочного принятия коллегиальных решений или при получении во время операций советов ведущих хирургов [13].

Авторами проведен анализ существующих телемедицинских комплексов, используемых в Белоруссии, Украине и ряде других стран. Недостаточное внимание уделяется освещению вопросов надежности коммуникации на участке датчик-станция мониторинга, а также использование сетей 4G/5G в таких комплексах, ввиду того что использование проводных и IEEE802.11-сетей приводит к существенной географической ограниченности внедрения информационно-технологических телемедицинских сервисов.

Целью работы является разработка архитектуры аппаратно-программного комплекса мониторинга в реальном времени состояния организма человека, использующего протоколы HyperText Transfer Protocol Secure (HTTPS) и Message Queue Telemetry Transport (MQTT) в сети оператора мобильной связи.

Архитектура комплекса. Предложена концепция создания многоуровневой мобильной персонализированной системы с сочетанием архитектуры: клиент/сервер и публикация/подписка. Структурно часть архитектуры публикации/подписка для задач лично-ориентированной медицины предусматривает выполнение процедуры идентификации пользователей; передачи данных от медицинских датчиков или внесение данных измерений с клавиатуры; модуль локальных вычислений и отображения результатов. Сервером формируется глобальная база данных и реализуется информационно-технологическая процедура комплексного анализа, результаты которого используют для совершения действий по предотвращению осложнений и локализации процессов развития возможных заболеваний.

На рисунке 1 представлена общая схема системы дистанционного мониторинга состояния здоровья с использованием сервисов IoT и технологии передачи данных 4G/5G.

¹**Рабочее предложение** (англ. Request for Comments, RFC) — документ из серии пронумерованных информационных документов Интернета, содержащих технические спецификации и стандарты, широко применяемые во всемирной сети.

Марценко Сергей Владимирович, к.т.н., доцент кафедры компьютерных наук Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, e-mail: marcenko@cei.net.ua

Мацюк Александр Васильевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры компьютерных наук Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, e-mail: oleksandr.matsiuk@gmail.com

Лобур Тарас Богданович, ст. преподаватель кафедры кибербезопасности Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, e-mail: lobur_t@tntu.edu.ua

Мытник Олеся Николаевна, магистрантка кафедры компьютерных наук Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, e-mail: olesyamytnyk@gmail.com

Украина, ТНТУ имени Ивана Пулюя, 46000, г. Тернополь, ул. Руська, 56.

Пасичник Владимир Владимирович, д.т.н., профессор кафедры ИСС Национального университета «Львовская политехника», vpasichnyk@gmail.com

Украина, 79013, г. Львов, ул. Ст. Бандеры 32.

Физика, математика, информатика

Терминальные устройства, использующие IP-протокол, обеспечивают сбор и передачу данных. После авторизации пациент или его доверенные лица получают доступ к собранным данным путем взаимодействия с веб-сервером по архитектуре клиент/сервер.

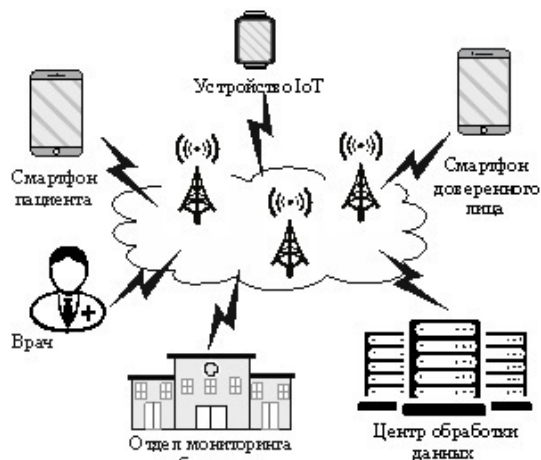


Рисунок 1 – Система дистанционного мониторинга показателей состояния здоровья

Аппаратно-программный комплекс позволяет реализовывать:

- автоматизацию системы сбора телеметрических данных с использованием технологий IoT, на базе 4G / 5G телекоммуникационных сетей с обеспечением QoS-приоритетов;
- проведение анализа собранных данных для предупреждения возникновения возможных заболеваний и их осложнений;
- мгновенное реагирование на критические изменения показателей состояния здоровья;
- повышение качества и уровня оказания медицинских услуг различным группам населения, используя новейшие мобильные технологии;
- обеспечение оперативной диагностики с индивидуальным подходом к пациенту;
- расширение спектра использования телекоммуникационных технологий путем внедрения телемедицины на базе сетей оператора мобильной связи.

Комплекс реализуется с учетом принципов масштабируемости архитектурных решений в области телемедицины, что позволяет его развертывание как для одной больницы, так и для района или целой страны. В ходе реализации проекта предполагается размещение мониторинговых станций в больницах, осуществляющих непрерывное онлайн наблюдение за состоянием здоровья пациента, и при возникновении критической ситуации оперативно сообщают об этом лечащему врачу.

В случае масштабирования проекта по охвату населения отдельного города или района предлагается вынесение мониторинговой станции в отдельное учреждение. Это позволяет минимизировать затраты на обслуживание комплекса, за счет устранения фактора дублирования мониторинговых станций. Блок-схему алгоритма работы аппаратно-программного комплекса мониторинга состояния здоровья (рис. 2).

Аппаратно-программный комплекс обеспечивает эффективное функционирование системы диагностики состояния здоровья человека. На первом уровне пациенты могут самостоятельно контролировать свои показатели жизнедеятельности и уровень своей физической активности. На втором уровне обеспечивается реализация комплексного анализа полученных данных, доступ к программному обеспечению профессиональных врачей, более детальное исследование результатов измерения, экспресс-анализ данных и формирование соответствующих рекомендаций.

Требования к устройству IoT T для разрабатываемого АПК.

Устройство, позволяющее измерять параметры жизнедеятельности состояния здоровья человека, должно быть оборудовано модулем 4G / 5G, GPS-трекером, встроенным аккумулятором и возможностью бес-

проводной подзарядки. Заряд аккумулятора должен обеспечивать бесперебойную работу устройства в течение 72 часов. Для продления времени непрерывного функционирования устройства можно оснастить средствами, использующими энергию активных движений.

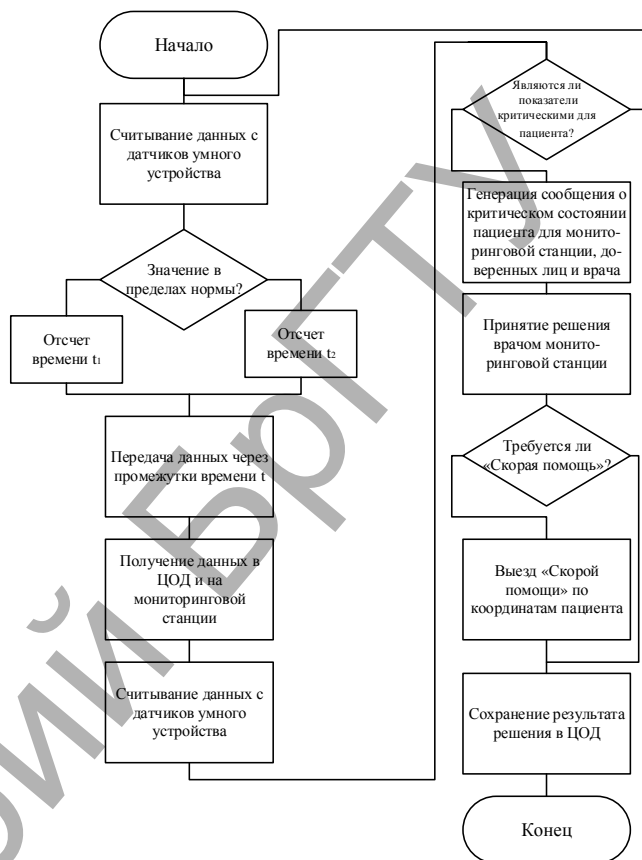


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы аппаратно-программного комплекса мониторинга состояния здоровья

Smart-устройства мониторинга параметров состояния здоровья могут быть выполнены в виде браслета, пластырей, поясов, сенсоров, которые крепятся на одежду или непосредственно на тело или имплантируются подкожно. Обычно способ выполнения устройства зависит от набора показателей, которые он должен измерять (температура, кровяное давление, частота сердечных сокращений, ЭКГ, уровень SpO2, уровень инсулина и т. д.). В то же время такие устройства могут обеспечивать измерения показателей внешней среды, таких как уровень токсинов в воздухе, температура и внешнее давление, и сообщать об этом своему владельцу [12]. Предполагается, что датчики обеспечивают информацией в реальном масштабе времени и реализуют ее предварительную обработку.

Техническая реализация комплекса. Аппаратно-программный комплекс мониторинга параметров жизнедеятельности человека должен обеспечивать взаимодействие таких устройств, как устройство IoT пациента, терминалы доверенных лиц, терминал врача и мониторинговой станции.

Рассмотрим функциональное назначение каждого из перечисленных устройств:

- устройство IoT пациента содержит сенсоры, которые измеряют параметры жизнедеятельности человека, и передает данные в мобильные сети, поддерживающие стандарты 4G / 5G;
- терминалы доверенных лиц пациента могут реализовываться в смартфонах, планшетах, компьютерах или других устройствах, имеющих доступ к сети Интернет. Доверенные лица имеют возможность получать данные о состоянии здоровья пациента из баз данных, размещенных на сервере аналитики;

- терминал врача имеет доступ к данным об актуальном состоянии здоровья пациента, а также статистическим данным, которые содержатся в базах данных сервера аналитики;
- мониторинговая станция обеспечивает круглосуточный контроль за состоянием здоровья пациента. В случае его ухудшения генерируется сообщение для врача, который принимает профессиональное экспертное решение.

К каждому из перечисленных устройств выдвигается ряд требований, которые зависят от используемых функций и информационно-технологических сервисов. Например, одной из основных функций устройства IoT пациента является круглосуточное измерение показателей состояния здоровья и передачи их значений к базам данных, размещенным на сервере. Поскольку указанное устройство ассоциируется с критическими сервисами IoT, он должен быть высоко надежным и постоянно доступным. Кроме этого, важным является обеспечение как можно более высокой мобильности пользователя, которая достигается как за счет расширения мобильного покрытия, так и уменьшения его энергопотребления. Учитывая это, целесообразным представляется использование протокола Message Queue Telemetry Transport, обеспечивающего оптимальное взаимодействие устройств.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – это упрощенный протокол обмена сообщениями, который предоставляет сетевым клиентам простой способ распространения телеметрической информации и работает на базе архитектуры «публикация/подписка» [14]. Телеметрическая информация от различных IoT - устройств объединяется в отдельную группу – Topic. Использование именно такого протокола позволяет минимизировать требования как к пропускной способности сети, так и к ресурсам самого устройства. Это в свою очередь делает его пригодным и удобным при использовании для передачи информации от устройства к устройству напрямую, без посредников (E2E-коммуникации), а также в мобильных приложениях, в которых параметры пропускной способности и параметры аккумулятора, питающего систему, являются критическими [15].

MQTT-брокер предоставляет возможность авторизации и аутентификации клиентов и интеграции собственных политик безопасности. Шифрование данных при передаче в сети можно осуществлять с помощью протокола Secure Sockets Layer (SSL), независимо от протокола MQTT.

Важной особенностью протокола MQTT является его способность обеспечивать QoS. Существует три уровня Quality of service (QoS): 1) At most once (0) – передача брокеру отправителем сообщения, не дожидаясь подтверждения от брокера; 2) At least once (1) – гарантированная доставка сообщений подписчикам с вероятностью дублирования отправленных сообщений; 3) Exactly once (2) гарантированная доставка сообщений подписчикам без дублирования отправленных сообщений [16, 14, 17]. Способ реализации разрабатываемой системы с использованием протокола MQTT показан на рисунке 3.

MQTT-брокер реализует информационно-технологический сервис мониторинга состояния пациента в режиме реального времени, обеспечивает коммуникацию между устройством IoT, отделом мониторинга соответствующей больницы и терминалом лечащего врача, при этом устройства IoT выступают в роли публикатора. Мониторинговые станции и терминал лечащего врача выступают в роли подписчиков. MQTT брокер может размещаться в центре обработки данных (ЦОД). Каждое устройство IoT публикует свои данные в соответствующем Topic, а мониторинговые станции являются подписчиками соответствующего устройства. Все данные, которые присылают устройства IoT, хранятся в базе данных (БД). Для обеспечения коммуникации БД с MQTT-брокером введено промежуточное звено, которое является подписчиком Topic-а и выполняет функцию конвертации данных, полученных с Topic-а в соответствующие таблицы БД.

Работу системы обеспечивает сервер аналитики, который размещается в ЦОД и обрабатывает информацию в БД, формирует статистические отчеты, осуществляет прогноз возникновения возможных заболеваний и т. д. и сохраняет полученный результат в БД. Кроме этого, сервер аналитики выступает в роли веб-сервера, который обеспечивает доступ терминальных устройств к БД с использованием протокола HTTPS.

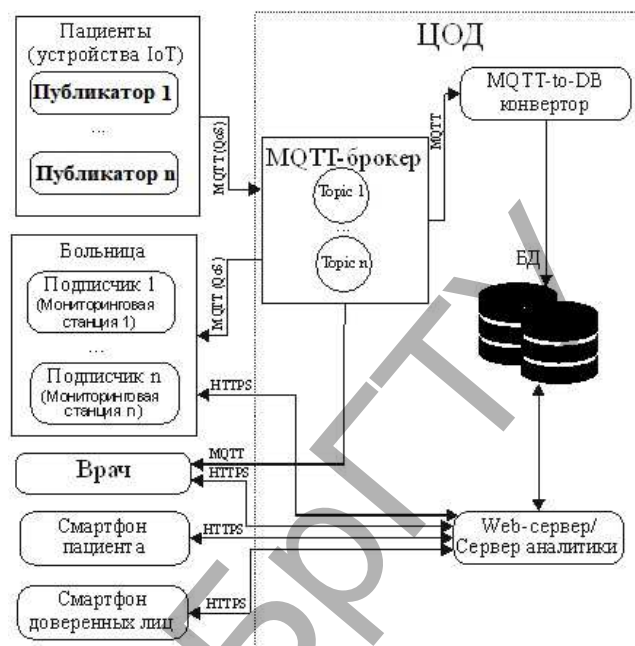


Рисунок 3 - Взаимодействие структурных элементов системы

Установленное на мониторинговых станциях программное обеспечение (ПО), которое реализует функции отслеживания текущего состояния здоровья пациентов, использует протокол MQTT, а для коммуникации с сервером аналитики – протокол HTTPS.

Показатели, которые поступают от устройства пациента, по значимости можно разделить на две категории: нормальные и критические, а пороговые значения для них задаются на основе результатов комплексного входного обследования пациента. Специалисты-медики определяют уровень нормальных показателей состояния здоровья пациента (т. н. базовая линия) и допустимый процент отклонения от этих значений. Временные параметры t опроса датчика формируются на основе установленного диагноза. Предусмотрено два интервала передачи данных: t_1 – для нормальных показателей; t_2 – для критических. Для передачи нормальных значений используется уровень MQTT QoS 1, а для критических MQTT QoS 2. Поскольку MQTT QoS работают на 5-7 уровнях модели Open Systems Interconnection Basic Reference Model (OSI), то для обеспечения надлежащего качества обслуживания на более низких уровнях (между вторым и третьим) используются общеизвестные QoS-механизмы.

Пациент, его доверенные лица и врач могут просматривать информацию о состоянии здоровья пациента, полученную с сервера аналитики с помощью браузеров на терминальных устройствах. Такое взаимодействие происходит с использованием протокола HTTPS.

Эмуляция АПК была выполнена в среде Cisco Packet Tracer 7 (см. рисунок 4).



Рисунок 4 – Эмуляция проекта АПК в среде Cisco Packet Tracer 7

В Cisco Packet Tracer 7 сформирован модельный прототип комплекса, в котором для обеспечения взаимодействия между структурными единицами разработан модуль PT Script и Script Engine.

Заключение. В работе предложена структура аппаратно-программного комплекса мониторинга жизнедеятельности человека, которая позволяет пациентам самостоятельно отслеживать жизненные показатели состояния своего здоровья, а лечащим врачам – контролировать в реальном времени состояние здоровья своих пациентов в режиме удаленного доступа и проводить анализ результатов наблюдения с помощью специальных мобильных программ-приложений с целью своевременного и эффективного корректирования лечебных и профилактических мероприятий.

Эффективная работа системы обеспечивается реализацией предложенного алгоритма телемониторинга состояния здоровья человека, соответствие конечных устройств сложившимся в ходе исследования требованиям и использованием протоколов MQTT и HTTPS.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ericsson White Paper, Cellular networks for massive IoT [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: https://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp_iot.pdf.
- Scott, M. Telehealth Industry Trends 2015 [Электронный ресурс] – 2015. – Режим доступа: <http://slideplayer.com/slide/9933303/>.
- Chamberlin, B. Healthcare Internet of Things: 18 trends to watch in 2016 [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://libmcai.com/2016/03/01/healthcare-internet-of-things-18-trends-to-watch-in-2016/>.
- Ericsson, Ericsson Mobility Report [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf>.
- Kay, M. Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth / M. Kay, J. Santos, M. Takane. // WHO Press. – 2010. – №2. ISBN 978 92 4 456414 1 ISSN 2220-5462
- WHO Group Consultation on Health Telematics (1997: Geneva, Switzerland). A health telematics policy in support of WHO's Health-for-all strategy for global health development : report of the WHO Group Consultation on Health Telematics, 11-16 December, Geneva, 1997 [Электронный ресурс] / WHO Group Consultation on Health Telematics (1997: Geneva, Switzerland) // Geneva : World Health Organization. – 1998. – Режим доступа: <http://www.who.int/iris/handle/10665/63857>.
- Владимирский, А.В. Телемедицина [монография] / А.В. Владимирский. – Донецк : ООО "Цифровая типография", 2011. – 437 с.
- Блажис А. К. Телемедицина / А. К. Блажис, В. А. Дюк. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2001. – 143 с. – ISBN 5-299-00084-7.
- Вишневикий, В.В. Телемедицинские технологии и научные исследования / В.В. Вишневикий // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2006. – № 1.
- Multi-purpose HealthCare Telemedicine Systems with mobile communication link support / E Kyriacou, S Pavlopoulos, A. Berler [и др.]. – [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC153497/>.
- Michael, C. Batistatos. Mobile telemedicine for moving vehicle scenarios: Wireless technology options and challenges / C. Michael, G.V. Batistatos, Tsoulos, E. Georgia Athanasiadou // Journal of Network and Computer Applications. – 2012.
- A Comprehensive Survey of Wireless Body Area Networks / Sana Ullah, Bart Braem, Ingrid Moerman [и др.]. // Journal of Medical Systems. – 2010.
- Беззуб, І.І. Телемедицина в Україні: реалії та перспективи [Електронний ресурс] – Режим доступа: http://nbuviap.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2466:telemeditsina-v-ukrajini&catid=8&Itemid=350.
- Rouse, M. MQTT (MQ Telemetry Transport) [Электронный ресурс] / Margaret Rouse. – 2015. – Режим доступа: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>.
- MQTT. Frequently Asked Questions [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mqtt.org/faq>.
- MQTT Essentials Part 2: Publish & Subscribe [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part2-publish-subscribe>.
- Что такое MQTT и для чего он нужен в IIoT? Описание протокола MQTT [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/>.
- Проектирование телекоммуникационной инфраструктуры «умных» территориальных общин, городов и регионов: состояние, опыт, перспективы / Н.Е. Кунанець, Г.П. Химич, А.В. Мацюк // Управление проектами: состояние и перспективы: материалы XII Международной научно-практической конференции, 13–16 сентября 2016. – Николаев. – С. 160–162.
- Системные комплексы информационных технологий в проектах "Умный город" / А.М. Дуда, Н.Е. Кунанець, А.В. Мацюк, В.В. Пасичник // Системный анализ и информационные технологии: материалы 18-й Международной научно-технической конференции SAIT 2016 / ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 30 мая – 2 июня 2016 р. – Киев: ННК "ІПСА", 2016. – С. 215–216.

Матеріал поступив в редакцію 08.01.2016

MARCENKO S.V., MATSIUK O.V., MYTNYK O.M., LOBUR T.B., PASICHNYK V.V. Hardware-software complex for telemonitoring of vital signs

The architecture of the hardware-software complex of vital signs monitoring ensuring QoS of telemetry data in the network is designed. The relevance of the research area and use cases of the developed hardware-software complex are analyzed. The complex based on multilevel scalable personalized system including the combination of two architectures: client-server and publisher-subscriber, are proposed. The operation algorithm of the remote health care system is proposed. The requirements, which should be met by the vital signs monitoring devices, are set. The types of end devices and the way of their interacting with the system of the hardware-software complex are determined. Options of using MQTT and HTTPS protocols in telemedicine area are analyzed. The modelling of the prototype of hardware-software complex in Cisco Packet Tracer 7 is carried out.

УДК 004.91.2

Савенко О.С.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ МНОГОУРОВНЕВАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАМОРФНЫХ ВИРУСОВ В ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Введение. Распространение информационных систем тесно связано с проблемой безопасности таких систем и использованием программных средств для обнаружения вредоносного программного обеспечения. Однако известные антивирусные средства не всегда подтверждают задекларированный уровень обнаружения, что проявляется в

постоянных вспышках вирусной активности. Убытки, причиненный вредоносным программным обеспечением, достигают миллиардов долларов. Так, например, согласно отчету компании Cybersecurity ventures убытки, нанесенные вирусом WannaCry в 2017 году, составили около 15 млрд долларов, что в 15 раз выше, чем в 2015 году [1].

Савенко Олег Станиславович, к.т.н., декан факультета программирования, компьютерных и телекоммуникационных систем, доцент Хмельницкого национального университета.

Украина, ХНУ, 29016, г. Хмельницкий, ул. Институтская, 11, 4-214.