

УДК 654.9; 615.8

doi:10.20998/2413-4295.2016.25.07

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЕЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO В ТЕЛЕМЕДИЦИНЕ

К.В. КОЛЕСНИК*, **М.А. ШИШКИН****, **О.А. СИТНИКОВА*****, **К.Н. ПАПИРНЫЙ**

Кафедра Промышленной и биомедицинской электроники, Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, УКРАИНА

e-mail: kolesniknet@ukr.net*, m_shishkin@inbox.ru**, oasitnikova@mail.ua***

АННОТАЦИЯ: Создание телемедицинских комплексов для обеспечения контроля биомедицинских параметров пациентов в настоящее время приобретает качественно новое наполнение, обусловленное бурным развитием микропроцессорной техники и растущими потребностями современной медицины в этом виде услуг. Первое можно пояснить совершенствование программно-аппаратной базы микроэлектроники и созданием целого ряда унифицированных устройств микроэлектроники, объединяемые в платформы по принципу возможной комплементарности для совместного использования. Второе же определяется возрастанием требований к мобильности и оперативности медицинских услуг, в чем телемедицина открывает новые возможности, создавая при этом предпосылки рассредоточенного медицинского обслуживания, значительно упрощающего весь процесс лечения и реабилитации пациента. Авторы поставили целью исследовать возможность создания эффективного ТМК на базе существующей универсальной программно-аппаратной платформы. При этом для исследований была выбрана унифицированная микропроцессорная платформа Arduino совместно с платформой датчиков e-Health Sensor Platform V2.0. Проведенные исследования показали хорошее качество получаемых биометрических измерений, тем самым подтвердив возможность практического применения предложенных решений.

Ключевые слова: биомедицинские параметры, телемедицина, микропроцессорная техника, датчики, унифицированные модули электроники.

FEATURES OF APPLICATION MODULES ARDUINO PLATFORMS IN TELEMEDICINE

K. KOLISNYK*, **M. SHYSHKIN****, **O. SITNIKOVA*****, **K. PAPIRNYI**

Department of Industrial and biomedical electronics, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov, UKRAINE

ABSTRACT: The creation of telemedicine systems for monitoring biomedical parameters of patients currently acquires a qualitatively new content, due to the rapid development of microprocessor technology and the growing needs of modern medicine in the form of services. The first can be explained by the improvement of the software and hardware microelectronics base and the creation of a number of commonality of microelectronics devices, united in the platform on the basis of complementarity with vozmozhkoj sharing. The second is determined to high demands for mobility and efficiency of health care services, what Telemedicine opens up new opportunities, creating preconditions dispersed medical process significantly uprotsayuscheho the whole process of treatment and rehabilitation of the patient. The authors have set to investigate the possibility of establishing effective TMK based on the existing universal hardware and software platform. This research was chosen as a unified platform Arduino microprocessor in conjunction with the sensor platform e-Health Sensor Platform V2.0. Studies have shown good quality sex biometric measurements, thereby poddverdiv the possibility of practical application of the proposed solutions. Further work is aimed at minimization of volume of transferable hannyh through the use of a cryptographic algorithm, effective compression and filtering. As well as bringing the format of data transmitted from the standard digital transmission of medical information.

Keywords: biomedical parameters satisfying telemedicine, microprocessor technology, sensors, unified electronics modules.

Введение

Современные телемедицинские комплексы, решая ряд актуальных задач по предоставлению медицинских услуг пациентам, территориально удаленных от лечебных учреждений и консультационных центров [1, 2], должны удовлетворять ряду специфических требований. Эти требования определяются особенностью их функционирования в зависимости от процедур, для которых данные комплексы используются. К таким требованиям можно отнести мобильность, высокую надежность, простоту управления, низкую стоимость и др. [3].

Однако одним из важнейших требований, предъявляемых к телемедицинским комплексам (ТМК), является универсальность их применения по отношению к решаемым задачам контроля биомедицинских параметров пациентов, что связано с возникающей иногда необходимостью быстрой переориентации на различные измеряемые биомедицинские сигналы - в зависимости от текущей потребности. При этом АРМ пациента обычно находится в местах, зачастую удаленных от центров технической поддержки и специалистов, которые могут оперативно решать вопросы по поддержанию их работоспособности (Рис 1).

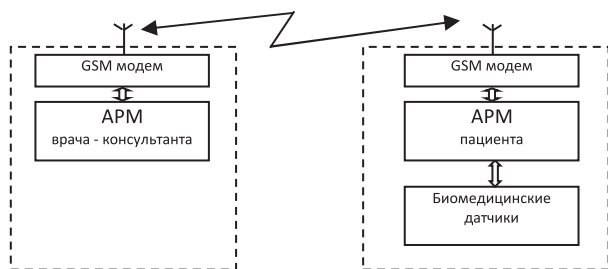


Рис- 1 – Структура ТМК

В данном случае представляется целесообразной модульная конструкция комплекса, позволяющая комплектовать его под конкретную задачу с минимальными затратами времени и ресурсов, имея основной (базовый) набор модулей. Использование универсальных модулей позволит обеспечить надежность комплекса за счет обеспечения технологической отработанности самих модулей, и повышенной восстанавливаемости комплекса путем замены неработоспособных модулей. Функциональная законченность используемых модулей обеспечит простоту интеграции и эксплуатации. А возможность создания разных структур на базе основного модуля (процессора) позволит оперативно менять их конфигурацию и перестраивать под различные задачи.

Кроме этого модульная конструкция комплекса существенно снижает стоимость его создания и эксплуатации.

Целью данного исследования является рассмотрение возможности создания эффективного ТМК на базе существующей универсальной программно-аппаратной платформы.

В качестве прототипа телемедицинского комплекса рассматривается использование модулей платформы *Arduino*.

Состав и характеристики модулей *Arduino* и датчиков e-Health Sensor Platform V2.0

Модули платформы *Arduino* применяются для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на применении модулей платформы *Arduino* могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением Flash, Processing, MaxMSP на персональном компьютере.

Существует несколько версий платформ *Arduino*: *Due*, *Leonardo*, *Yun*, *Micro*, *Uno*, *Duemilanove*, *Diecimila*, *Nano*, *Mega*, *Mini*, *Pro* и др. [4], отличающихся друг от друга типом применяемого процессора и конструктивным исполнением.

Для примера рассмотрим параметры модуля *Arduino Mega 2560*. Платформа *Arduino Mega 2560* построена на микроконтроллере ATmega1280. Платформа содержит 54 цифровых входа/выходов (14

из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки.

При этом модуль обеспечивает следующие основные параметры:

- цифровые входы/выходы - 54 (14 - ШИМ);
- аналоговые входы – 16;
- флеш-память - 128 КВ (4 для загрузчика);
- ОЗУ - 8 КВ;
- энергонезависимая память - 4 КВ;
- тактовая частота - 16 МГц.

Модули *Arduino Pro*, *Arduino Pro Mini* выполнены на базе микроконтроллеров ATmega168 или ATmega328, которые производятся в двух исполнениях: 3,3 В / 8 МГц и 5 В / 16 МГц. Платформа содержит 14 цифровых входов и выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, силовой разъем батареи, силовой выключатель, кнопку перезагрузки, отверстия для монтажа силового разъема, блок ICSP и блоки выводов.

Как видно, номенклатура существующих модулей платформы *Arduino* обладает различными вычислительными и конструктивными особенностями, позволяющими рассматривать ее в качестве базовой ячейки различных вычислительных устройств и комплексов, в т.ч. для телемедицины и биомедицинской электроники.

Рис- 2 - Модуль *Arduino Mega 2560*

На рис. 2 показан модуль *Arduino Mega 2560*. Модуль представляет собой плату контроллера с разъемами для подключения внешних устройств и слотами для интеграции модулей различного назначения в единый конструктив. В собранном виде комплекс на базе модулей платформы *Arduino* представляет собой моноблок (рис. 3).

Рис. 3 - Блок модулей *Arduino*

Язык программирования Arduino является реализацией Wiring, аналогичной платформы для «physical computing», основанной на мультимедийной среде программирования Processing. программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux.

Модули платформы *Arduino* могут комплексоваться с другими платформами, такими как *Parallax Basic Stamp*, *Netmedia's BX-24*, *Phidgets*, *MIT's Handyboard*. Это позволяет расширить функциональную полноту разрабатываемых устройств и обеспечить высокую степень их интеграции.

Основными достоинствами данной платформы являются низкая стоимость, наличие большого количества программных библиотек использующих C++ и простота программирования.

Основой платформы *Arduino* являются аппаратные средства на базе микроконтроллеров *ATMega* с возможностью расширения.

Кроме того, устройства на базе модулей платформы *Arduino* могут работать совместно с модулями платформ *Boarduino* от *Adafruit Industries* [4].

Программирование модулей платформы *Arduino*, основанное на СИ++, достаточно хорошо освещено в [5]. Среда разработки *Arduino* состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста(консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части *Arduino*.

Существует широкая номенклатура датчиков, способных работать совместно с модулями платформы *Arduino* в [6, 7], в том числе и биомедицинского назначения. Биомедицинские датчики используют широкий спектр сенсоров с различными физическими принципами контроля биомедицинских параметров, различных конструктивных исполнений и условий эксплуатации.

Проанализируем основные функциональные возможности датчиков *e-Health Sensor Platform V2.0*, совместимых с *Arduino* и *Raspberry Pi* [8], подключаемые к плата *e-Health Sensor Shield V2.0* (Рис. 4).

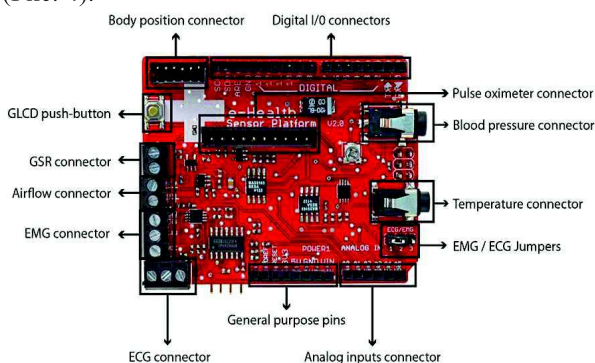


Рис- 4 - Плата *e-Health Sensor Shield V2.0* с разъемами для подключения датчиков

1) *Датчик пульса и кислорода в крови «Pulse and Oxygen in Blood Sensor (SPO2)».*

Использует оптический метод измерения соответствующих данных, для чего необходим вывод с цифровым интерфейсом, который схематично расположен близко к центру платы *e-Health* и имеет десять контактов. Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «Pulse oximeter connector».

2) *Датчик кожно-гальванической реакции «Galvanic Skin Response Sensor (GSR – Sweating)».* Использует контактный метод измерения данных проводимость (потливости) кожи пациента. Для него необходимы выводы с аналоговым интерфейсом, которые расположены на левом торце платы *e-Health* и имеет два отверстия. Данный вывод платы показан Рис. 4 и назван «GSR connector».

3) *Датчик расхода воздуха (дыхание) «Airflow Sensor (Breathing)».*

Использует перорально - назальный метод измерения изменения тепловых воздушных потоков. Для этого датчика необходимы выводы с аналоговым интерфейсом, которые также расположены на левом торце платы *e-Health* ниже предыдущего вывода и имеет два отверстия. Данный вывод платы показан Рис. 4 и назван «Airflow connector».

4) *Датчик электромиографии (ЭМГ) «Electromyography Sensor (EMG)».*

Использует контактный метод измерения электрической активности скелетных мышц в спокойном и напряженном состоянии. Для этого датчика необходимы выводы с аналоговым интерфейсом, которые расположены ниже вывода «Airflow connector» на левом торце платы *e-Health* и имеет три отверстия. Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «EMG connector».

5) *Датчик электромиографии (ЭМГ) «Electromyography Sensor (EMG)».*

Использует контактный метод измерения для оценки электрических и мышечные функции сердца. Для этого датчика необходимы выводы с аналоговым интерфейсом, которые расположены ниже вывода «EMG connector» на левом торце платы *e-Health* и имеет три отверстия (положительные, отрицательные и нейтральные). Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «ECG connector».

6) *Датчик температуры тела «Body Temperature Sensor».*

Использует контактный метод измерения температуры тела пациента. Для датчика температуры необходим вывод с аналоговым интерфейсом, который расположен выше переключки «ECG/EMG jumpers» на правом торце платы *e-Health* и имеет штекер для подключения к соответствующему разъему. Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «Temperature connector».

7) *Датчик артериального давления (тонометр) «Blood Pressure Sensor».*

Использует осциллометрический метод измерения артериальное давления пациента. Для

тонометра необходим вывод с цифровым интерфейсом, который расположен выше разъема «Temperature connector» на правом торце платы e-Health и имеет штекер-переходник для подключения к нему шнура с мини USB, который подключается к сфигмоманометру в соответствующий разъем. Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «Blood pressure connector».

8) Датчик положения пациента (акселерометр) «Patient position sensor (Accelerometer)».

Использует контактный метод контроля положения и движения тела пациента. Для трёх осевого акселерометра необходим вывод с аналоговым интерфейсом, который расположен левее цифровых разъемов «Digital I/O connectors» на верхнем торце платы e-Health и имеет десять контактов. Данный вывод платы показан на Рис. 4 и назван «Body position connector».

9) Датчик содержания глюкозы в крови (глюкометр) «Glucometer Sensor».

Использует фотометрический метод измерения концентрации глюкозы в крови пациента. Для глюкометра необходим вывод с аналоговым интерфейсом, который расположен под выводом «Blood pressure connector» на обратной стороне правого торца платы e-Health и имеет штекер для подключения к соответствующему разъему. Данный вывод платы показан Рис. 4 и назван «Glucometer connector».

В качестве периферийного модуля в платформе используется плата мониторинга состояния пациента в реальном времени e-Health Sensor Platform Complete Kit V2.0.

Общая архитектура ТМК в системе семейной медицины

Одним из вариантов ТМК общего назначения является комплекс обработки медикодиагностической информации системы семейной медицины.

Для обеспечения работы универсального комплекса обработки медикодиагностической информации системы семейной медицины необходимо построить систему регистрации и обработки медикобиологической и медикодиагностической информации.

Вариант архитектуры такого ТМК [9], приведен на рис. 5.

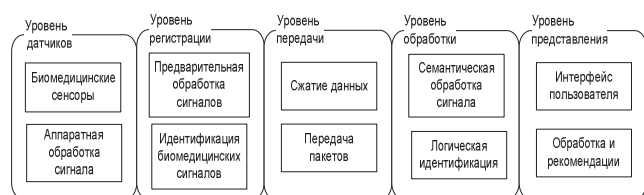


Рис. 5 – Общая архитектура универсального медикодиагностического комплекса семейного врача

Верхний уровень, уровень представления, обеспечивает интерфейс и рекомендательную систему семейного врача. Для эффективного функционирования диалоговой подсистемы рассматриваемый комплекс должен обеспечить сбор медикобиологических параметров с помощью датчиков, регистрацию и обработку полученных сигналов, а также предоставление врачу своевременной, актуальной и полной информации о состоянии здоровья пациента.

Универсальность комплекса предполагает разработку такой архитектуры, которая допускает различные варианты использования комплекса: как в рамках стационарного приемного отделения, так и в мобильных или удаленных вариантах реализации. Выполнение требований мобильности, портативности и масштабируемости реализуется за счет модульности предлагаемой архитектуры. Каждый уровень отвечает за определенный класс задач и может быть реализован как в рамках единого комплекса на единой программно-аппаратной платформе, так и в виде отдельных функционально законченных модульных решений.

Первый уровень предлагаемой архитектуры обеспечивает физическое взаимодействие с пациентом. Учитывая большое количество различных биомедицинских датчиков, используемых в настоящее время, основная задача данного уровня обеспечить прием, фильтрацию и усиление биомедицинских сигналов, что реализуется в аппаратной части приборов.

На втором уровне осуществляется регистрация полученного сигнала и его предварительная обработка. Программно-аппаратная часть модуля, реализующего задачи этого уровня, должна обеспечить представление полученных сигналов в цифровой форме без потери информативной составляющей биомедицинской информации.

Передача данных для последующей их интеллектуальной обработки является особенно важной задачей в условиях реализации мобильных комплексов, или телемедицинских систем. Подсистема передачи данных должна обеспечивать надежность и безопасность. Учитывая мировой опыт, технологии передачи данных необходимо развивать в направлении стандарта GSM, а в качестве технологии передачи данных использовать стандарт GPRS. В сетях GPRS передаваемую информацию разбивают на отдельные пакеты, при обнаружении ошибок неверно принятые пакеты могут быть переданы еще раз. Принципиальное отличие передачи данных в сетях с коммутацией пакетов от передачи данных в сетях с коммутацией каналов заключается в том, что необходимый каналный ресурс выделяется лишь на время передачи соответствующих информационных пакетов.

Остальное время он находится в распоряжении сети. Это позволяет в сетях GSM/GPRS один физический канал использовать для передачи пакетов

нескольких абонентов, а для передачи пакетов одного абонента выделять одновременно несколько физических каналов.

Уровень обработки предлагаемой архитектуры отвечает за логику обработки полученных биомедицинских сигналов, что в совокупности с другой имеющейся в системе медикодиагностической информацией позволит повысить скорость принятия решений врачом, полноту данных и надежность выданных рекомендаций. Реализация функций данного уровня должна строиться на основе математического моделирования с учетом особенностей задачи обработки биомедицинской информации.

Уровень представления содержит интерфейс пользователя, который физически может быть реализован в виде клиентского приложения, что позволит врачу общей практики, семейному врачу вести консультативный прием удаленно, максимально используя функциональные возможности комплекса. На уровне представления также реализуется функция выдачи рекомендаций как интеллектуальная подсистема универсального комплекса обработки медикодиагностической информации. Важной задачей этого уровня также является обеспечение безопасности данных.

Практическая реализация структуры ТМК семейной медицины с использованием модулей платформы ARDUINO

Рассмотрим практическую реализацию структуры ТМК семейной медицины с использованием модулей платформы ARDUINO в случае необходимости телемониторинга состояния пациента с кардиологическими симптомами, основными биомедицинскими параметрами, контролируемыми при помощи ТМК являются: частота пульса, артериальное давление и кардиограмма [10, 11].

Это обуславливает ряд специфических требований к структуре и характеристикам ТМК, применяемого для дистанционного контроля состояния пациента, таких как:

- необходимость приема и регистрации достаточно большого массива телеметрических данных, обусловленная количеством регистрируемых параметров в случае сложных аналоговых сигналов (например, кардиограммы [11];

- достаточная пропускная способность канала связи, для реализации мониторинга в реальном времени;

- универсальность по типам используемых датчиков, определяемая в ряде случаев необходимостью контроля дополнительных биомедицинских параметров (при наличии сопутствующих заболеваний – астматическая, гипертоническая и др. составляющие, создающих комплексную картину динамики процесса)

- автоматичность и автономность работы ТМК (в ряде случаев пациент самостоятельно не может осуществлять управление своим АРМом).

Для реализации поставленных задач в ТМК на базе модулей платформы ARDUINO можно предложить следующую структуру (Рис 6).

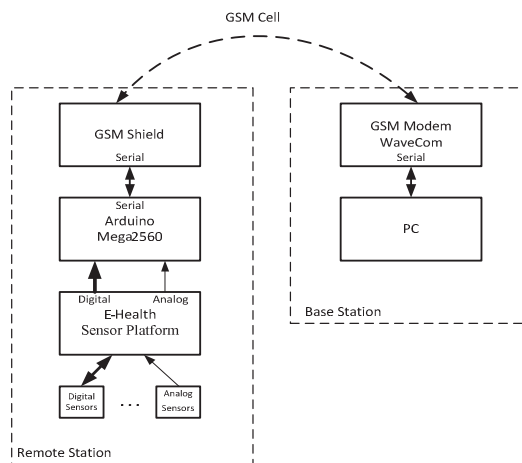


Рис. 6 – Структура экспериментальной модели ТМК на базе Arduino Mega 2560

ТМК состоит из стационарной части (Base Station), в которую входят GSM модем WaveCom и персональный компьютер (PC) с установленным на нем программным обеспечением, и удаленной станции (Remote Station), которая представляет собой соединенные по единому интерфейсу три модуля: Arduino Mega2560, Arduino GSM Shield и e-Health Sensor Platform. Первые два осуществляют обмен данными по последовательному интерфейсу со скоростью 115 кБ. Плата датчиков e-Health подключена к Arduino как по цифровому интерфейсу, так и по аналоговому.

Данная структура удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям к ТМК за счет использования универсальных модулей с необходимыми техническими характеристиками, однако ряд вопросов должны быть решены на программном уровне [12, 13].

Экспериментальная модель ТМК семейной медицины

Для проведения экспериментальных исследований, подтверждающих возможность передачи биометрических сигналов сложной формы [12, 13], была разработана экспериментальная модель ТМК на основе модулей Arduino Mega 2560, платы e-Health Sensor Platform Complete Kit V2.0 и платы GSM-адаптера Arduino GSM Shield, с использованием датчиков e-Health Sensor Platform V2.0. и программного обеспечения [5]

На рис .6 показан внешний вид модели удаленной станции ТМК на базе Arduino Mega 2560, а на рис. 7 – ТМК с подключенными кардиоэлектродами, используемыми в эксперименте.

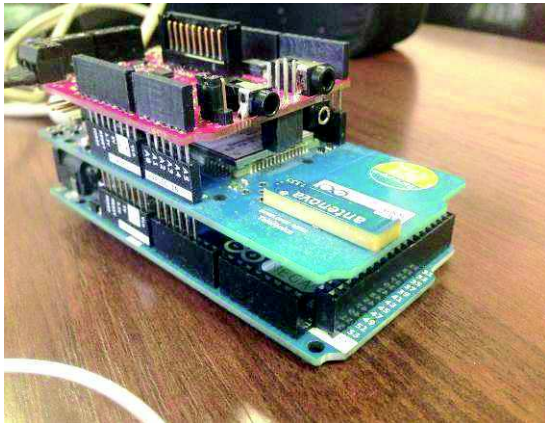


Рис.6 – Экспериментальная модель удаленной станции ТМК на базе Arduino Mega 2560

Экспериментальная модель ТМК была создана в лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ»

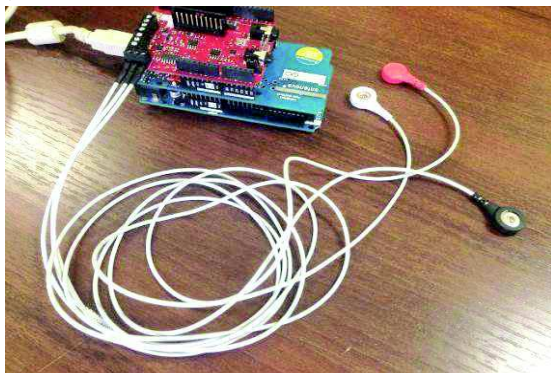


Рис.7 – Экспериментальная модель удаленной станции ТМК с подключенными кардиоэлектродами

Результаты исследований

Были проведены исследования возможности измерения параметров пациента, удаленного от АРМа доктора с передачей информации по GSM-каналу связи.



Рис. 8– Измерения пульса и кислорода в крови

На рис 8 представлен внешний вид датчика для измерения пульса и содержания кислорода в крови (пульсоксиметр), Связь между датчиком и удаленной станцией ТМК осуществляется по I2C интерфейсу.

Принятая информация, является идентичной измеренной.

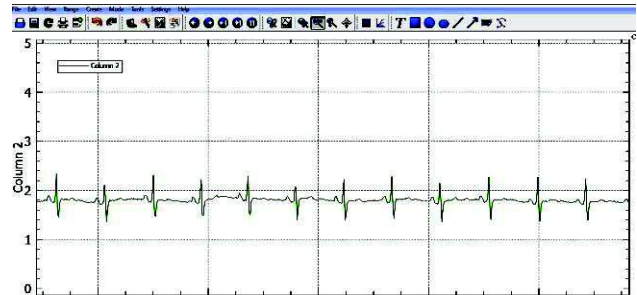


Рис. 9 – Измерение кардиограммы

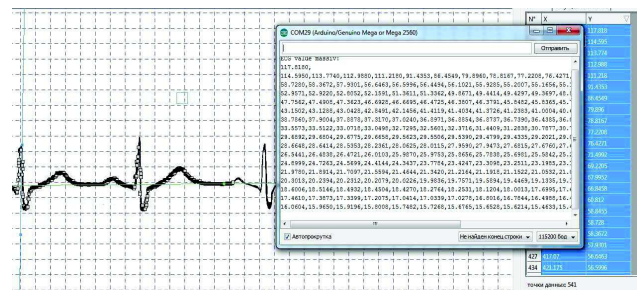


Рис. 10 – Результат восстановления ЭКГ, переданной по GSM каналу

На рис 9 приведены результаты измерения кардиограммы, а на рис. 10 – восстановленный ЭКГ сигнал, переданный по GSM каналу. Обмен данными между прототипом мобильной станции и базовой станцией производился по GPRS протоколу в виде массива 3X256 слов ЭКГ отведений. Прием базовой станцией осуществлялся в течение интервала времени от 30 секунд до 90 секунд с выдачей принятых данных в терминал и текстовый файл.

Исходный тестовый кардиосигнал, оцифрованный массив и выходное окно с принятыми данными представлены на рис.10.

Сравнение исходных данных тестовых массивов с принятыми показал наличие 0,4 процента потери переданных пакетов и 0,02 процента ошибочных данных, что, хотя является удовлетворительным результатом, однако в условиях повышенных помех могут быть значительно выше.

На сегодняшний день ведется работа по имплементации в разрабатываемый комплекс стандарта SCP-ECG, который является на сегодняшний день единым протоколом передачи электрокардиографических данных как между цифровыми кардиографами и компьютеризированной системой управления, так и между компьютерными системами различных производителей.

Сильной стороной SCP–ECG также является хорошая проработка вопроса представления самой ЭКГ - определены минимальные требования к процессу сжатия ЭКГ, предусмотрен вариант разностного кодированием ЭКГ для получения максимального сжатия данных, что не исключает возможности сжатия ЭКГ без потерь на основе кодирования по Huffman или любого другого алгоритма архивации [13].

Выводы

В результате проделанных исследований практически было подтверждено возможность использования модулей платформы Arduino совместно с датчиками-Health Sensor Platform для получения достаточно качественных биомедицинских данных. Сравнение исходных данных тестовых массивов с принятыми показал наличие 0,4 процента потери переданных пакетов и 0,02 процента ошибочных данных. Предложенный подход использования ТМК на базе унифицированных программно-аппаратных платформ показал свою эффективность для задач телемедицины.

Список литературы

1. **Ekeland Anne G.** Effectiveness of telemedicine: A systematic review of reviews / **Ekeland, Anne G., Bowes Alison, Flottorp Signe** // *International journal of medical informatics*. – 2010. – № 79, v. 11. – P. 736-771. – doi: 10.1016/j.ijmedinf.2010.08.006.
2. **Колесник, К. В.** Использование мобильных радиотехнических комплексов в биометрии и телемониторинге / **К. В. Колесник, М.А. Шишкин, А.В. Кипенский, О.А. Ситникова** // *Сборник научных трудов 5-го Международного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ 2014»*. Конференция «Проблемы биоинженерии. Наука и технологии». Харьков, АНПРЭ. ХНУРЭ. – 2014. – С. 72-75.
3. **Scott Richard E.** Principles and Framework for eHealth Strategy Development / **Scott Richard E., Mars Maurice** // *Journal of medical internet research*. – 2013. – № 15(7). – P. 11-24. – doi: 10.2196/jmir.2250.
4. Аппаратная часть платформы Arduino / <http://arduino.ru/>.
5. **Michael Margolis** Arduino Cookbook. Second Edition // O'Reilly Media Inc., USA, 2011.
6. Boarduino. Solderless Breadboard Arduino Clone [Web] <http://www.ladyada.net/make/boarduino/>
7. Arduino Software Release Notes [Web] <https://www.arduino.cc>
8. e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Web] <https://www.cooking-hacks.com/>
9. **Сітнікова, О. О.** Ідентифікація системи медико-біологічних параметрів клінічного моніторингу для сімейної медицини / **О. О.Сітнікова, М. В. Почебут** // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – vol 5, no 9 (77). – С. 31-36. – doi: 10.15587/1729-4061.2015.51401.
10. **Шишкин, М. А.** Нечеткая система определения параметров QRS-комплекса ЭКГ в телемедицине / **М. А. Шишкин, К. В. Колесник** // *Сборник научных трудов*

5-го Международного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ 2014». конференция «Проблемы биоинженерии. Наука и технологии». – Харьков. АНПРЭ. ХНУРЭ. – 2014. – С. 42-43.

11. **Leshem-Rubinow Eran** New Real-Time Loop Recorder Diagnosis of Symptomatic Arrhythmia Via Telemedicine / **Leshem-Rubinow Eran, Berger Michael, Shacham Jacob** // *Clinical cardiology*. – 2011. – 34(7). – P. 420-425. – doi: 10.1002/clc.20906
12. **Шишкин, М. А.** Повышение достоверности кардиосигнала в задачах телемедицины / **М. А. Шишкин, К. В. Колесник** // *Материалы II Всеукраинской научно-практической конференции: Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения*. Харьков. – 2015. – НТУ ХПИ. – С. 95-96.
13. **Шишкин, М. А.** Использование аппаратной платформы Arduino для оптимизации алгоритмов обмена телемедицинскими данными / **М. А. Шишкин, К. В. Колесник** // *Труды XVI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии: СИЭТ-2015»*. Одесса. – 2016. – С. 116-117.

Bibliography (transliterated)

1. **Ekeland, Anne G., Bowes Alison, Flottorp Signe** Effectiveness of telemedicine: A systematic review of reviews. *International journal of medical informatics*. 2010, **79**(11), 736-771, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2010.08.006
2. **Kolesnik, K. V., Shyshkin, M. A., Kipenskij, A. V., Sitnikova, O. A.** Ispol'zovanie mobil'nyh radiotekhnicheskikh kompleksov v biometrii i telemonitoringe. *Sbornik naučnyh trudov 5-go Meždunarodnogo foruma «Prikladnaâ radioelektronika. Sostoânie i perspektivy razvitiâ. MRF 2014»*. Konferenciâ «Problemy bioinženerii. Nauka i tehnologii». Kharkov, ANPRË. HNURË, 2014, 72-75.
3. **Scott Richard E., Mars Maurice** Principles and Framework for eHealth Strategy Development. *Journal of medical internet research*. 2013, **15**(7), 11-24, doi: 10.2196/jmir.2250.
4. Apparataâ čast' platformy Arduino [Web] <http://arduino.ru/>.
5. **Michael Margolis**. Arduino Cookbook. Second Edition. O'Reilly Media Inc., USA, 2011.
6. Boarduino. Solderless Breadboard Arduino Clone [Web] <http://www.ladyada.net/make/boarduino/>
7. Arduino Software Release Notes [Web] <https://www.arduino.cc>
8. e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Web] <https://www.cooking-hacks.com/>
9. **Sitnikova, O. O., Pochebut, M. V.** Identifikatsiya sistemi mediko- biologichnih parametrov kliničnogo monitoringu dlya simeynoyi meditsini. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, **5 9** (77), 31-36, doi: 10.15587/1729-4061.2015.51401.
10. **Shyshkin, M. A., Kolesnik, K. V.** Nečetkaâ sistema opredeleniâ parametrov QRS-kompleksa ÈKG v telemedicine. *Sbornik naučnyh trudov 5-go Meždunarodnogo foruma «Prikladnaâ radioelektronika. Sostoânie i perspektivy razvitiâ. MRF 2014»*. konferenciâ «Problemy bioinženerii. Nauka i tehnologii». Khar'kov. ANPRË. HNURË, 2014, 42-43.
11. **Leshem-Rubinow Eran, Berger Michael, Shacham Jacob** New Real-Time Loop Recorder Diagnosis of Symptomatic

- Arrhythmia Via Telemedicine. *Clinical cardiology*. 2011, **34**(7), 420-425, doi: 10.1002/clc.20906.
12. **Shyshkin, M. A., Kolesnik, K. V.** Povyshenie dostovernosti kardiosignala v zadačah telemedycyny. *Materialy II Vseukraїnskoj naučno-praktičeskoj konferencii: Aktual'nye problemy avtomatiki i priborostroeniâ*. Khar'kov, NTU KhPI, 2015, 95-96.
13. **Shyshkin, M. A., Kolesnik, K. V.** Ispol'zovanie apparatnoj platformy Arduino dlâ optimizacii algoritmov obmena telemedicinskimi dannâmi. *Trudy HVI Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii «Sovremennye informacionnye i êlektronnye tehnologii: SIËT-2015»*. Odessa, 2016, 116-117.

Сведения об авторах (About authors)

Колесник Константин Васильевич – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», заведующий учебной лабораторией биомедицинской электроники кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника»; г. Харьков, Украина; kolesniknet@ukr.net.

Kolisnyk Kostyantyn – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Head of educational laboratory of biomedical electronics at the Department «Industrial and biomedical electronics», Kharkov, Ukraine; e-mail: kolesniknet@ukr.net.

Шишкин Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника»; г. Харьков, Украина; e-mail: m_shishkin@inbox.ru.

Shishkin Mihail – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Docent at the Department «Industrial and biomedical electronics», Kharkov, Ukraine; e-mail: m_shishkin@inbox.ru.

Ситникова Оксана Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры «Вычислительная техника и программирование», г. Харьков, Украина; e-mail: oasitnikova@mail.ua.

Sitnikova Oksana – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», senior lecturer at the Department of «Hardware and programming», Kharkov, Ukraine; e-mail: oasitnikova@mail.ua.

Папирный Кирилл Николаевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент группы ЭМС 41Вм кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника» Электромашиностроительного факультета, г. Харьков, Украина.

Papirnyi Kirill – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», student of Department «Industrial and biomedical electronics» Faculty of Electric Machine Building, Kharkov, Ukraine.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Колесник, К. В. Особенности применения модулей платформы ARDUINO в телемедицине / **К. В. Колесник, М. А. Шишкин, К. Н. Папирный** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 45-52. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.07.

Please cite this article as:

Kolisnyk, K., Shishkin, M., Papirnyi, K. Features of application modules ARDUINO platforms in telemedicine. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **25** (1197), 45-52, doi:10.20998/2413-4295.2016.25.07.

Будь ласка посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Колісник, К. В. Особливості застосування модулів платформи ARDUINO в телемедицині / **К. В. Колісник, М. А. Шишкін, К. М. Папірний** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 45-52. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.07.

АНОТАЦІЯ Створення телемедичних комплексів для забезпечення контролю біомедичних параметрів пацієнтів в даний час набуває якісно нове наповнення, обумовлене бурхливим розвитком мікропроцесорної техніки і зростаючими потребами сучасної медицини в цьому виді послуг. Перше можна пояснити вдосконалення програмно-апаратної бази мікроелектроніки і створенням цілого ряду уніфікованість пристроїв мікроелектроніки, що об'єднуються в платформи за принципом взаємодійної комплементарності з спільного використання. Друге ж визначається зростанням вимог до мобільності і оперативності медичних послуг, у чому телемедицина відкриває нові можливості, створюючи при цьому передумови розподіленого клінічного перебігу, значно упрощаючого весь процес лікування і реабілітації пацієнта. Автори поставили за мету дослідити можливість створення ефективного ТМК на базі існуючої універсальної програмно-апаратної платформи. При цьому для досліджень була обрана уніфікована мікропроцесорна платформа Arduino спільно з платформою датчиків e-Health Sensor Platform V2.0. Проведені дослідження показали хорошу якість статистичних вимірювань, тим самим підтвердив можливість практичного застосування запропонованих рішень.

Ключові слова: біомедичні параметри, телемедицина, мікропроцесорна техніка, датчики, уніфіковані модулі електроніки.

Поступила (received) 01.07.2016