

О.А. Хорозов

Телемоніторинг життєво важливих показників пацієнтів

Использован расширенный стандартный коммуникационный протокол систем дистанционного мониторинга жизненно важных показателей пациентов. Приведены биофизические показатели пациентов, измеряемые датчиками температуры тела, артериального давления и другими, фиксирующими числовые кортежи и волновые типы данных. Реализовать анализ критических значений показателей и формировать аннотационные отчеты для принятия решения относительно оказания неотложной медицинской помощи позволяет хранилище разнородных типов данных информационно-коммуникационной системы.

Застосовано розширення стандартного комунікаційного протоколу систем дистанційного моніторингу життєво важливих показників пацієнтів. Подано біофізичні показники пацієнтів, які вимірюються датчиками температури тіла, артеріального тиску та іншими, які фіксують числові кортежі та хвильові типи даних. Реалізувати аналіз критичних значень показників і формувати анотації для прийняття рішення щодо надання невідкладної медичної допомоги дозволяє сховище різномірних типів даних інформаційно-комунікаційної системи.

Вступ. Телемедицина стала реальною альтернативою при наданні спеціалізованих послуг та поліпшенні медичної допомоги пацієнтам з використанням комунікаційних технологій. При цьому широко застосовується телеметрична система, яка являє собою мережу інформаційних пристроїв, які здатні вимірювати дані функцій організму пацієнта [1, 2] за допомогою сенсорів температури тіла, артеріального тиску (*BP*), пульсоксиметрії (*SpO2*), частоти дихання, ЕКГ та інші і передавати їх на сервер обробки і аналізу даних. Для актуалізації медичних записів лікарів і страхових компаній необхідно зберігати дані у центральному депозитарії системи моніторингу.

Телемоніторинг забезпечує отримання інформації про поточний стан пацієнта, координати його місцезнаходження та швидку медичну допомогу і стратегію лікування. Мета роботи полягає у розробці платформи збору даних, яка об'єднує різні типи сенсорів. Підтримка віддаленого моніторингу фізичних осіб з хронічними захворюваннями забезпечить зниження смертності на 35 відсотків; ризик госпіталізації на 40 відсотків; тривалість госпіталізації на шість днів; відвідувань медичних закладів пацієнтами та скорочення транспортних витрат на 60 відсотків.

Моніторинг біофізичних даних

Системи телеметрії життєво важливих показників пацієнтів належать до категорій догляду на дому та швидкої допомоги. З цією метою використовують фотодавачі, біометричні, навігаційні та сенсори місткості. Платформа сенсорів при-

значена для комутації різних типів цих приладів, які фіксують зміни фізіологічних сигналів у реальному часі. Телеметричну інформацію та навігацію пацієнта при застосуванні модуля *GPS* можна передавати через Інтернет до центру діагностики доступними комунікаційними засобами (*Wi-Fi*, *GPRS*, *ZigBee*).

Таксономія телемедичних систем визначається комунікаційними протоколами і пристроями для функціональних додатків клінічного домену (табл. 1).

Таблиця 1

	Догляд на дому	Швидка допомога	Радіологія
Протоколи	<i>HTTPS, point-to-point</i>	<i>point-to-point</i>	<i>DICOM, HTTPS, point-to-point</i>
Пристрої діагностики	<i>ECG, BP, SPO2, Glucose</i>	<i>ECG, BP, SPO2</i>	Ультразвук Комп'ютерна томографія Магнітно-резонансна томографія Позитронна емісійна томографія

Технологічна реалізація системи базується на передачі даних об'єктів через мережу Інтернет (*Internet of things*). Пристрій реєстрації даних ідентифікує типи сенсорів і передає вимірювані дані у форматі *XML* на сервер бази даних (БД). Комунікаційний протокол має забезпечити єдиний інтерфейс взаємодії клієнтів з сервером при агрегації даних. Топологія мережі складається з набору сенсорів, вузла реєстрації даних, модуля передачі даних та вузла збору даних (рис. 1).



Рис. 1

Блок реєстрації даних складається з трьох основних частин: набору сенсорів, модулів обробки і передачі даних. Пристрій може забезпечувати локальне зберігання даних для запису сигналів разом з результатами їх обробки. Наприклад, детектор сигналів ЕКГ забезпечує послідовний потік даних, а блок реєстрації визначає пульс і підтримує аналіз *QRS*-сегменту ЕКГ. Алгоритм обробки сигналів можна використовувати для подальшого аналізу даних. У термінах апаратно-програмного забезпечення контролер вузла сенсорів використовується разом з комунікаційним модулем для підтримки технології передачі даних до точки доступу через інтерфейс *Web*-додатку користувачів. Функція сенсорної платформи полягає у забезпеченні інтерфейсу аналогових та цифрових портів пристрою з різними типами сенсорів для визначення характеристик сигналів. Значення змінних сигналів передаються до вузла збору даних через комунікаційний модуль. Основні функції блоку реєстрації даних системи моніторингу складаються з прийому сигналів з сенсорів для збору даних про пацієнта, первинної обробки (фільтрації) даних, управління роботою модуля передачі даних.

Блок реєстрації даних базується на комутаційній сенсорній платформі, фільтрах частот, підсилювачі сигналів, аналого-цифровому перетворювачі (АЦП), мікроконтролері, приймачі *GPS* та модулі передачі даних. Фільтрація шуму необхідна для запобігання електромагнітним та іншим завадам довкілля, що призводить до небажаного дрейфу сигналу. Після фільтрації шуму система підсилює рівень сигналу, який передається до цифрового конвертора. Конвертор АЦП виконує вибірку даних поканально, що виключає перехресні перешкоди, для досягнення повної роздільної здатності без використання мультиплексу сигналів. Сигнали також можна корегувати програмним забезпеченням. Дані з сенсорів, які не оцифровуються, передають без-

посередньо до модуля зв'язку. Відзначимо, що для різних типів сенсорів застосовують різні частоти дискретизації сигналу та періодичність процесу запису даних. Деякі характеристики сигналів та медичні показники представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Типи сигналів	Частота	Передача	Пакет даних	Показники
<i>ECG</i> 3–12 каналів	300	43,2 КВ/с	< 141 Кб	Частота скорочень, <i>QRS</i> -сегмент
Пульсоксиметрія	30	72 В/с	< 21 Кб	Частота пульсу, Насичення киснем
Артеріальний тиск	1 раз/30 хв.	32 В/с	< 2 Кб	Систолічний тиск, Діастолічний тиск

Отримана інформація передається з блоку на сервер служби спостереження у вигляді бінарних або *XML*-файлів. У більшості сенсорних мереж використовуються технології бездротового зв'язку для передачі даних з блоку реєстрації до інших вузлів мережі (рис. 2).

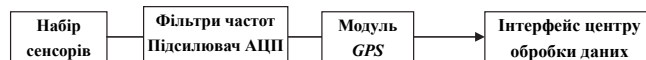


Рис. 2

Електроніка мікроконтролера поєднує в собі апаратне і програмне забезпечення збору і передачі даних до інфраструктури мережі. Обмін інформацією є ключовим фактором виконання технологічних процесів моніторингу. Різноманітність клінічних даних ускладнює взаємодію інформаційних підсистем і спричинює неефективне керування процесом.

На даний час актуальним є пошук стандарту, здатного забезпечити функціональну сумісність різнорідних медичних додатків. Найбільш перспективним є стандарт *HL7 FHIR* (ресурси обміну медичною інформацією) [3], який використовує архітектуру мережевих протоколів *REST* [4]. Реалізації *FHIR* будуються на основі набору модульних компонентів *ресурсів* (*Пацієнти*, *Ліки*, *Пристрої*, *Спостереження*), що беруть участь у процесі обміну інформацією. Кожен тип ресурсу має набір операцій (взаємодій) для управління. У межах інтерфейсів *RESTful FHIR* операції виконуються на сервері з використанням *HTTP* запит/відповідь. При передачі інформації ресурси

подаються у форматі *XML* або *JSON*. Прикладний програмний інтерфейс функціонує як набір операцій (взаємодій) з ресурсами. Сервери визначають, які взаємодії та ресурси підтримуються. Інтерфейси *RESTful* є принагідними для застосування у мобільних додатках охорони здоров'я для моніторингу пацієнтів [5].

Комунікаційний протокол

Стандартом *SCP-ECG* Європейського Комітету Стандартизації визначається протокол передачі електрокардіографічних даних від цифрових пристроїв до систем управління. За цим стандартом, послідовність ЕКГ-даних розбивається на секції (від нуля до 11) і описується формат кожної секції. Структуру даних, що зберігаються у Секції-1, наведено у Додатку до статті. Крім того, протоколом визначено додаткові секції:

Секція-200: пульсоксиметрія – контроль насичення крові киснем (*SpO2*) та пульсу.

Секція-201: температура тіла.

Секція-202: капнографія – вимірювання парціального тиску *CO2*.

Секція-203: вимірювання систолічного, діастолічного кров'яного тиску і пульсу.

Секція-205: плетизмографія (*PLe*) – вимірювання частоти пульсації серця.

Секція-206: вимірювання довгомірних даних ЕКГ.

Секція-207: використання навігаційної системи глобального позиціонування *GPS*.

Розширення стандартного комунікаційного протоколу електрокардіографії *SCP-ECG* [6] забезпечує зв'язок між різними блоками сенсорів пацієнтів і системою обробки даних. Додаткові секції протоколу *SCP-ECG* призначені для передачі демографічних даних, позиціонування суб'єктів та медичних показників, а саме: ЕКГ-сигналів, артеріального тиску, частоти пульсу, температури тіла, насичення крові киснем, потоку дихання (вуглекислого газу). Секції протоколу *SCP-ECG* складаються з розділів ідентифікації і блоку даних. У даній статті розглянуто застосування розширеного протоколу *SCP-ECG* при проектуванні гео-інформаційної системи телемоніторингу стану здоров'я пацієнтів.

Для підтримки і застосування протоколу *SCP* необхідні наступні програмні компоненти:

- модуль Подання даних, який забезпечує доступ до інформації через програмний інтерфейс; параметрами функцій є структури даних *SCP*;
- модуль Кодування, який перетворює різномірні дані у послідовність секцій відповідно *SCP* і здійснює контроль цілісності;
- модуль Транспорт, відповідальний за встановлення з'єднання та передачу файлів на послідовний порт через комунікаційний порт *USB* або за протоколом *Bluetooth*.

Програмні додатки комунікаційного протоколу забезпечують інтерфейс обміну інформації між компонентами системи.

Структура медичного запису життєво важливих показників

На підставі медичних сценаріїв підтримуються декілька типів показників, які поділяються на такі категорії: запис чисельного кортежу або дискретного значення (температури, *SpO2*, кров'яного тиску); запис безперервного за часом сигналу ЕКГ. Структура медичного запису пацієнта представлено на рис. 3.

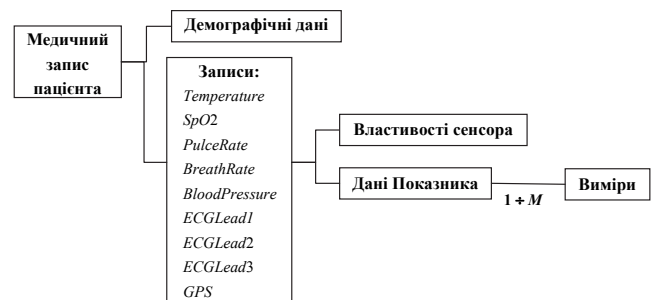


Рис. 3

Фрагмент медичного запису результатів виміру пульсу і насичення крові киснем у форматі *XML* має вигляд:

```
<SpO2Record>
  <Property>
    <RecordID>1</RecordID>
    <DataFormat>PacketizedSPO</DataFormat>
    <DataUnit>mV</DataUnit>
    <MeasStartTime>2015-03-01T14:01:01+
+02:00</MeasStartTime>
    <Priority>10</Priority>
    <RecordDuration>PT30S</RecordDuration>
    <PacketDuration>PT10S</PacketDuration>
    <SamplingRate>256</SamplingRate>
    <Resolution>16</Resolution>
```

```

    <RecDevice>DeviceSPO</RecDevice>
  </Property>
  <SpO2Data>
    <SpO2Meas>
      <SpO2>0</SpO2>
      <PulseRate>0</PulseRate>
    </SpO2Meas>
    <SpO2Meas>
      <SpO2>97</SpO2>
      <PulseRate>83</PulseRate>
    </SpO2Meas>
    <SpO2Meas>
      <SpO2>97</SpO2>
      <PulseRate>82</PulseRate>
    </SpO2Meas>
    .....
  </SpO2Data>
</SpO2Record>

```

Дані представлено у вигляді пакету, що складається з набору дискретних значень насичення крові киснем і частоти пульсу. Мобільний догляд за станом пацієнта передбачає запис даних і результатів попередньої обробки сигналів, до яких належать Секції 200-206. Допустимі відхилення від норми стану пацієнта наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Показники	Діапазон даних	Норма
Температура тіла	35,6 – 42,2 °C	36,6 >+/- 11%
Частота пульсу	30 – 200 (bpm)	60–90 >+/- 11%
Насичення киснем (SPO2)	90 – 100 %	95–98 >+/- 11%
Систолічний тиск (SP)	40 – 250 (mmHg)	120 >+/- 11%
Діастолічний тиск (DP)	15 – 200 (mmHg)	80 >+/- 11%
Розрахунок		
Середній артеріальний тиск	$(SP+2*DP) / 3$	(90–100) mmHg
Індекс тиску	$(SP-DP) / SP$	< 0,5 (50%)

Для сигналу тривоги параметри розраховуються за нормами (див. табл. 3) та визначають критерії формування і передачі звітів для прийняття відповідних рішень.

База даних результатів моніторингу

Бездротові пристрої дистанційної діагностики можуть транслювати медичні спостереження через Інтернет для подальшого аналізу інформації та організації зворотного зв'язку. Основною проблемою збору даних спостере-

ження є реалізація алгоритму ідентифікації та розбору повідомлень перед завантаженням інформації до БД.

Подано технологічну платформу для забезпечення єдиного прикладного інтерфейсу схеми розбору даних незалежно від структури сигналів. Програмний адаптер системи використовується для подолання розриву між інтерфейсами пристроїв і серверною платформою.

Необхідність запису медичних даних у хвильовій та дискретній формах впливає на структуру сховища даних, яке має враховувати: ідентифікацію пацієнта; ідентифікацію типу сенсора; просторові координати; дату і час виміру показників. Запроектована БД повідомлень також має об'єднувати різні типи даних моніторингу. Це усуває необхідність перебудови структури сховища даних при додаванні нових типів сенсорів. Особливість БД полягає у необхідності враховувати просторові координати, дату і час отримання вимірів, а також значення показників для кожного абонента мережі. Структуру БД показано на рис. 4.

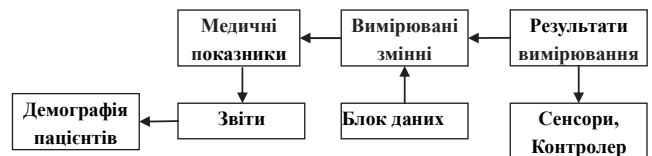


Рис.4

Висновки. У процесі зберігання даних застосовано програмну платформу *Windows Communication Foundation (WCF)*, яка дозволяє об'єднати логіку доставки, розбору і зберігання даних для створення сервісно-орієнтованих додатків з використанням мережевих протоколів *REST*. Служби *WCF* пересилають, обробляють і зберігають дані у БД *SQL*, яка враховує критичні значення показників для виклику тригерних процедур. Структура мережі може складатися з вимірювальних сенсорів і виконавчих пристроїв. Сервер БД аналітичної системи, враховуючи ідентифікатори плати мікроконтролера і виконавчих пристроїв, дозволяє реалізувати функції активації відповідних пристроїв для виконання процедури, пов'язаної з наданням невідкладної медичної допомоги.

Додаток. Формат даних Секції-1 протоколу SCP-ECG

Тег	Зміст	
0	Прізвище	
1	Ім'я	
2	Ідентифікаційний номер пацієнта	
5	Дата народження	
6	Зріст	
7	Вага	
8	Стать	
11	Систолічний тиск	
12	Діастолічний тиск	
13	Діагноз або направлення (текст)	
14	Ідентифікатор обладнання	
24	Рівень тривоги (бінарне значення від 0 до 10)	
25	Дата набуття даних	
26	Час набуття даних	
27	Базова лінія (бінарне значення)	
28	Фільтр нижніх частот (бінарне значення)	
29	Растровий фільтр (бінарне значення)	
31	1. Фільтр мережної перешкоди 50 Гц, 2. Смуговий фільтр, 3. Адаптивний фільтр, 4–7. Не визначене	
	Порядковий номер ЕКГ	
208	Група крові – формат (<i>Binary</i>)	
	Byte	Зміст
	1	<i>Binary</i> : встановлюється до 255
	0	<i>Unspecified</i>
	1	<i>A+</i>
	2	<i>A-</i>
	3	<i>B+</i>
	4	<i>B-</i>
	5	<i>AB+</i>
	6	<i>AB-</i>
	7	<i>O+</i>
	8	<i>O-</i>
210	Доступ до файлу – формат (<i>Binary</i>)	
	Byte	Зміст
	1	<i>Binary</i> : тип доступу до файлів
	0	зчитування/запис

	1	тільки для читання
	2	закритий
211	Обмеження доступу – формат (<i>Binary</i>)	
212	<i>SPO₂</i> Пристрій – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
213	<i>NiBP</i> Пристрій – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
214	<i>CO₂</i> Пристрій – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
215	<i>GPS</i> Пристрій – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
216	Формат режиму роботи (<i>Binary</i>)	
	Byte	Зміст
	1	0 Основний
		1 Аварійний
255	0 – Завершальне поле	

1. *Abo-Zahhad M., Ahmed S.M., Elnahas O.*, Remote on-line Vital Signs processing for Patient Monitoring and Diagnosis // Transaction on Signal Processing. – 2015. – 2, N. 1. – P. 36–50.
2. *Bhoyar P., Sonavane S.* Multi-Parametric Health Monitoring System // Int. J. of Advanced Research in Comp. Science and Software Engin. – 2014. – 4(12). – P. 340–345.
3. *FHIR®* – Fast Health Interoperable Resources. – <http://www.hl7.org/implement/standards/fhir/>
4. *Fielding R.* Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, PhD thesis, University of California, Irvine, 2000.
5. *Franz B., Schuler A., Krauss O.* Applying FHIR in an Integrated Health Monitoring System // Europ. J. for Biomedical Informatics. – 2015. – 11(2). – P. 51–56.
6. *An expansion on SCP-ECG protocol for health telemonitoringpilot implementation / G.J. Mandellos, M.N. Koukias, I.S. Styliadis et al.* // Int. J. of Telemedicine and Appl. – 2010. – Article ID 137201. – 17 p.

Поступила 09.04.2015
Тел. для справок: +38 044 286-1683 (Київ)
E-mail: oleh753@hotmail.com
© О.А. Хорозов, 2015

О.А. Хорозов

Телемониторинг жизненно важных показателей пациентов

Введение. Телемедицина стала реальной альтернативой при предоставлении специализированных услуг и улучшении медицинской помощи пациентам с использованием коммуникационных технологий. При этом широко

применяется телеметрическая система, представляющая собой сеть информационных устройств, способных измерять данные функций организма пациента [1, 2] посредством датчиков температуры тела, артериального давления

(BP), пульсоксиметрии (SpO2), частоты дыхания, ЭКГ и других и передавать их на сервер обработки и анализа данных. Для актуализации медицинских записей врачей и страховых компаний необходимо хранение данных в центральном депозитории системы мониторинга.

Телемониторинг обеспечивает получение информации о текущем состоянии пациента, координаты его местонахождения, скорую медицинскую помощь и стратегию лечения больных. Цель работы заключается в разработке платформы сбора данных, объединяющей различные типы датчиков. Поддержка удаленного мониторинга физических лиц с хроническими заболеваниями обеспечит снижение смертности на 35 процентов, риск госпитализации на 40 процентов, продолжительность госпитализации на шесть дней, посещений медицинских учреждений пациентами и сокращение транспортных расходов на 60 процентов.

Мониторинг биофизических данных

Системы телеметрии жизненно важных показателей пациентов относятся к категориям ухода на дому и скорой помощи. С этой целью используют фотодатчики, биометрические, навигационные и датчики емкости. Платформа датчиков предназначена для коммутации различных типов датчиков, фиксирующих переменные физиологических сигналов в реальном времени. Телеметрическая информация и навигация пациента при использовании модуля GPS может передаваться через Интернет в Центр диагностики доступными коммуникационными средствами (Wi-Fi, GPRS, ZigBee).

Таксономия телемедицинских систем определяется коммуникационными протоколами и устройствами для функциональных приложений клинического домена (табл. 1).

Таблица 1

Протоколы	Уход на дому	Скорая помощь	Радиология
	HTTP, point-to-point	point-to-point	DICOM, HTTP, point-to-point
Устройства диагностики	ECG, BP, SPO2, Glucose	ECG, BP, SPO2	Ультразвук Компьютерная томография Магнитно-резонансная томография Позитронно-эмиссионная томография

Технологическая реализация системы базируется на передаче данных объектов через сеть Интернет (Internet of things – IoT). Устройство регистрации данных идентифицирует типы датчиков и передает измеряемые данные в формате XML на сервер базы данных (БД). Коммуникационный протокол должен обеспечить единый интерфейс взаимодействия клиентов с сервером при агрегации данных. Топология сети состоит из набора датчиков, узла регистрации данных, модуля передачи и узла сбора данных (рис. 1).

Блок регистрации данных состоит из трех основных частей: набора датчиков, модулей обработки и передачи данных. Устройство может предусмотреть локальное хра-

нение данных для записи сигналов вместе с результатами их обработки. Например, детектор сигналов ЭКГ обеспечивает последовательный поток данных, а блок регистрации определяет пульс и поддерживает анализ QRS-сегмента ЭКГ. Алгоритм обработки сигналов можно использовать для дальнейшего анализа данных. В терминах аппаратно-программного обеспечения контроллер узла датчиков используется вместе с коммуникационным модулем для поддержки технологии передачи данных до точки доступа через интерфейс Web-приложения пользователей. Функция сенсорной платформы заключается в обеспечении интерфейса аналоговых и цифровых портов устройства с различными типами датчиков для определения характеристик сигналов. Значения переменных сигналов передаются к узлу сбора данных через коммуникационный модуль. Основные функции блока регистрации данных системы мониторинга таковы: прием сигналов от датчиков для сбора данных пациента; первичная обработка (фильтрация) данных; управление работой модуля передачи данных.



Рис. 1

Блок регистрации данных строится на основе коммутационной сенсорной платформы, фильтров частот, усилителя сигналов, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера, приемника GPS и модуля передачи данных. Фильтрация шума необходима для предотвращения электромагнитных помех окружающей среды, а также движения человека, что приводит к нежелательному дрейфу сигнала. После фильтрации шума, система усиливает уровень сигнала, который передается в цифровой конвертор. Последний выполняет выборку данных поканально, что исключает перекрестные помехи, для достижения полной пропускной способности без использования мультиплекса сигналов. Сигналы можно корректировать программным обеспечением. Данные с датчиков, которые не оцифровываются, передают непосредственно к модулю связи. Отметить, что для разных типов датчиков применяют различные частоты дискретизации сигнала и периодичность процесса записи данных. Некоторые характеристики сигналов и медицинские показатели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Типы сигналов	Частота	Передача	Пакет данных	Показатели
ЭКГ 3–12 каналов	300	43,2 KB/s	<141 Kb	Частота сокращений, QRS-сегмент
Пульсоксиметрия	30	72 B/s	<21 Kb	Частота пульса, Насыщение кислородом
Артериальное давление	1 раз / 30 мин.	32 B/s	<2 Kb	Систолическое давление, диастолическое давление

Полученная информация передается на сервер службы наблюдения в виде бинарных или XML-файлов. В большинстве сенсорных сетей используются технологии беспроводной связи для передачи данных от блока регистрации к другим узлам сети (рис. 2).

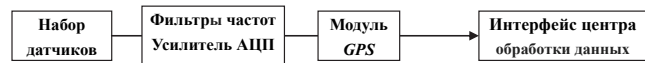


Рис. 2

Обмен информацией – это ключевой фактор выполнения технологических процессов мониторинга пациентов. Разнообразие клинических данных усложняет взаимодействие информационных подсистем и приводит к неэффективному управлению процессом.

В настоящее время актуален поиск стандарта, способного обеспечить функциональную совместимость разнородных медицинских приложений. Наиболее перспективен стандарт HL7 FHIR (ресурсы обмена медицинской информацией) [3], использующий архитектуру сетевых протоколов REST [4]. Реализация FHIR строится на основе набора модульных компонентов ресурсов (Пациенты, Лекарства, Устройства, Диагностика), участвующих в процессе обмена информацией.

Каждый тип ресурса имеет набор взаимодействий для управления. В рамках интерфейсов RESTful FHIR операции ведутся на сервере с использованием HTTP запрос/ответ. При передаче информации ресурсы представлены в формате XML или JSON. Прикладной программный интерфейс функционирует как набор операций (взаимодействий) с производительностью. Серверы определяют, какие взаимодействия и ресурсы поддерживаются. Интерфейсы RESTful привлекательны для применения в мобильных приложениях здравоохранения для мониторинга пациентов.

Коммуникационный протокол

Стандартом SCP-ECG Европейского Комитета Стандартизации определяется протокол передачи электрокардиографических данных от цифровых устройств к системам управления. По этому стандарту последовательность ЭКГ-данных разбивается на секции (от нуля до 11) и описывается формат каждой секции. Структура данных, хранящихся в Секции-1, приведена в Приложении к статье. Кроме того, протоколом определены дополнительные секции:

Секция-200: пульсоксиметрия – контроль насыщения крови кислородом (*SpO2*) и пульса.

Секция-201: температура тела.

Секция-202: капнография – измерение парциального давления CO₂.

Секция-203: измерение систолического и диастолического кровяного давления и пульса.

Секция-205: плетизмография (PLE) – измерение частоты пульсации сердца.

Секция-206: измерение длинномерных данных ЭКГ.

Секция-207: использование навигационной системы глобального позиционирования GPS.

Расширение стандартного коммуникационного протокола электрокардиографии SCP-ECG [6] обеспечивает связь между различными блоками датчиков пациентов и системой обработки данных. Дополнительные секции протокола SCP-ECG предназначены для передачи демографических данных, позиционирование субъектов и медицинских показателей, а именно: ЭКГ-сигналов, артериального давления, частоты пульса, температуры тела, насыщения крови кислородом, частоты дыхания (углекислого газа). Секции протокола SCP-ECG состоят из разделов идентификации и блока данных. В данной статье рассмотрено применение расширенного протокола SCP-ECG при проектировании геоинформационной системы телемониторинга состояния здоровья пациентов.

Для поддержки и применения протокола SCP необходимы следующие программные компоненты:

- модуль Представления данных, обеспечивающий доступ к информации через программный интерфейс; параметрами функций есть структуры данных SCP;
- модуль Кодирование, превращающий разнородные данные в последовательность секций, соответственно SCP, и осуществляющий контроль целостности;
- модуль Транспорт, ответственный за установление соединения и передачу файлов на последовательный порт через коммуникационный порт USB или по протоколу Bluetooth.

Программные приложения коммуникационного протокола обеспечивают интерфейс обмена информацией между компонентами системы.

Структура медицинской записи жизненно важных показателей

На основании медицинских сценариев поддерживается несколько типов показателей, которые делятся на следующие категории: запись численного кортежа или дискретного значения (температуры, *SpO2*, давления); запись непрерывного по времени сигнала ЭКГ. Структура медицинской записи пациента представлена на рис. 3.

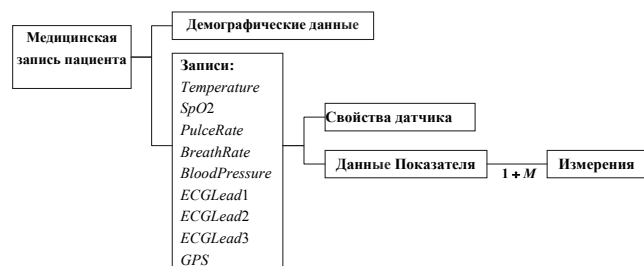


Рис. 3

Фрагмент медицинской записи результатов измерения пульса и насыщения крови кислородом в формате XML имеет вид:

```
<SpO2Record>
  <Property>
    <RecordID>1</RecordID>
    <DataFormat>PacketizedSPO</DataFormat>
    <DataUnit>mV</DataUnit>
  </Property>
</SpO2Record>
```

```

<MeasStartTime>2015-03-01T14:01:01+
+02:00</MeasStartTime>
<Priority>10</Priority>
<RecordDuration>PT30S</RecordDuration>
<PacketDuration>PT10S</PacketDuration>
<SamplingRate>256</SamplingRate>
<Resolution>16</Resolution>
<RecDevice>DeviceSPO</RecDevice>
</Property>
<SpO2Data>
  <SpO2Meas>
    <SpO2>0</SpO2>
    <PulseRate>0</PulseRate>
  </SpO2Meas>
  <SpO2Meas>
    <SpO2>97</SpO2>
    <PulseRate>83</PulseRate>
  </SpO2Meas>
  <SpO2Meas>
    <SpO2>97</SpO2>
    <PulseRate>82</PulseRate>
  </SpO2Meas>
  .....
</SpO2Data>
</SpO2Record>

```

Данные представлены в виде пакета, состоящего из набора дискретных значений насыщения крови кислородом и частоты пульса. Мобильный уход за состоянием пациента предусматривает записи данных и результатов предварительной обработки сигналов, к которым относятся Секции 200–206. Допустимые отклонения от нормы состояния пациента приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Диапазон данных	Норма
Температура тела	35,6 – 42,2 °C	36,6> +/- 11%
Частота пульса	30 – 200 (bpm)	60–90> +/- 11%
Насыщение кислородом (SpO2)	90 – 100%	95–98> +/- 11%
Систолическое давление (SP)	40–250 (mmHg)	120> +/- 11%
Диастолическое давление (DP)	15–200 (mmHg)	80> +/- 11%
Расчет		
Среднее артериальное давление	$(SP + 2 * DP) / 3$	(90–100) mmHg
Индекс давления	$(SP - DP) / SP$	<0,5 (50%)

Для сигнала тревоги параметры рассчитываются по нормам (см. табл. 3) и определяют критерии формирования и передачи отчетов для принятия соответствующих решений.

База данных результатов мониторинга

Беспроводные устройства дистанционной диагностики могут транслировать медицинские наблюдения через Интернет для дальнейшего анализа информации и организации обратной связи. Основная проблема сбора данных наблюдения – реализация алгоритма идентификации и разбора сообщений перед загрузкой информации в БД.

Рассмотрена технологическая платформа для обеспечения единого прикладного интерфейса схемы разбора данных независимо от структуры сигналов. Программный адаптер системы используется для преодоления разрыва между интерфейсами устройств и серверной платформой.

Необходимость записи медицинских данных в волновой и дискретной форме влияет на структуру хранилища данных, которое должно учитывать: идентификацию пациента, идентификацию типа датчика, пространственные координаты, дату и время измерения показателей. Запроектированная БД сообщений также должна объединять различные типы данных мониторинга. Это устраняет необходимость перестройки структуры хранилища данных при добавлении новых типов датчиков. Особенность БД заключается в необходимости учитывать пространственные координаты, дату и время получения измерений, а также значения показателей для каждого абонента сети. Структура БД представлена на рис. 4.



Рис. 4

Заключение. Для создания сервисно-ориентированных приложений применена программная платформа *Windows Communication Foundation (WCF)*, позволившая объединить логику доставки, разбора и хранения данных с использованием сетевых протоколов *REST*. Службы *WCF* пересылают, обрабатывают и хранят данные в БД *SQL*, которая учитывает критические значения показателей для вызова триггерных процедур. Структура сети может состоять из измерительных датчиков и исполнительных устройств. Сервер БД аналитической системы, с учетом идентификаторов платы микроконтроллера и исполнительных устройств, позволяет реализовать функции активации устройств и выполнения процедур, связанных с оказанием неотложной медицинской помощи.

Приложение. Формат данных Секции-1 протокола SCP-ECG

Тег	Содержание
0	Фамилия
1	Имя
2	Идентификационный номер пациента
5	Дата рождения
6	Рост
7	Вес
8	Пол
11	Систолическое давление
12	Диастолическое давление
13	Диагноз или направления (текст)
14	Идентификатор оборудования
24	Уровень тревоги (бинарное значение от 0 до 10)
25	Дата сбора данных

Окончание на стр. 60

26	Время сбора данных
27	Базовая линия (бинарное значение)
28	Фильтр нижних частот (бинарное значение)
29	Растровый фильтр (бинарное значение)
	1 – фильтр сетевой помехи 50 Гц, 2 – Полосовой фильтр, 3 – Адаптивный фильтр, 4–7 – не определено
30	Текстовое поле
31	Порядковый номер ЭКГ
208	Группа крови – формат (<i>Binary</i>)
	<i>Byte</i> Содержание
	1 <i>Binary</i> : устанавливается до 255
	0 <i>Unspecified</i>
	1 <i>A +</i>
	2 <i>A –</i>
	3 <i>B +</i>
	4 <i>B –</i>
	5 <i>AB +</i>
	6 <i>AB –</i>

	7	<i>O +</i>
	8	<i>O –</i>
210	Доступ к файлу – формат (<i>Binary</i>)	
	<i>Byte</i>	Содержание
	1	<i>Binary</i> : тип доступа к файлам
	0	чтение / запись
	1	только для чтения
	2	закрыт
211	Ограничение доступа – формат (<i>Binary</i>)	
212	<i>SPO₂</i> Устройство – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
213	<i>NiBP</i> Устройство – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
214	<i>CO₂</i> Устройство – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
215	<i>GPS</i> Устройство – <i>Machine ID (Binary bytes and Text characters)</i>	
216	Формат режима работы (<i>Binary</i>)	
	<i>Byte</i>	Содержание
	1	0 Основной
		1 Аварийный
255	0 – Заключительное поле	

UDC 004.9:61

О.А. Khorozov,

Telemonitoring of the Patient's Vital Signs Data

Telemedicine has become a real alternative in the provision of specialized services for improve patient access to healthcare. Telemetry system is a network of information devices that are able to measure and transmit medical data of the patient [1, 2]. The purpose of the work is to develop a data collection platform that integrates diverse types of sensors.

Presently, the actual is the standard that is capable of providing interoperability between disparate healthcare applications. The most promising is the standard HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) [3] for health information exchange, which uses the architecture of network protocols REST [4].

The extended communication protocol electrocardiography SCP-ECG [6] is design for telemonitoring vital signs of patients, which belong to the categories of home care and ambulance services, is discussed. Expansion of the SCP-ECG provides a link between the sensor unit patients and data processing system. The structure of the patient's medical record for several types of indicators which are devid into a post-tuple of numerical or discrete values (temperature, SpO₂, blood pressure) and record continuous time signal (ECG) is represented.

Database for medical report, which brings together different types of monitoring data, is designed. The database takes into account the critical parameters of the patient to start the trigger procedures associated with the provision of the emergency medical care.

