

УДК 004.9

Борейко М.Г.

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України

Будник М.М.

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРATНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЯХТСМЕНІВ

Розглянуто вимоги до системи моніторингу фізіологічних параметрів людини, а також особливі вимоги до них для використання на яхтах. Запропоновано архітектуру такої мобільної системи та її програмно-апаратну реалізацію. Система здійснює реєстрацію, обробку та накопичення частоти серцевих скорочень, варіабельності ритму серця, рівня фізичної активності та температура тіла. Технічні засоби включають портативний комп'ютер Raspberry Pi 3 Model B і смарт-браслету Garmin Forerunner із функцією Wi-Fi. Описано функції та структуру програмного забезпечення і його API інтерфейс. Сьогодні система проходить тестування під час навколосвітніх гонок яхт Volvo Ocean Race.

Ключові слова: системи моніторингу, архітектура клієнт-сервер, медичні гаджети, яхтсмени, фізіологічні параметри.

Постановка проблеми. Моніторинг основних фізіологічних показників людини (частота серцевих скорочень, варіабельність ритму серця, температура тіла, частота дихання, рівень активності, витрачені калорії та ін.) є дуже важливим для професій, що супроводжуються високим рівнем фізичного або емоційного навантаження. До них належать військові, співробітники поліції, робочі на віддалених зонах, моряки тощо. Сьогодні у серійне виробництво запущено декілька систем віддаленого моніторингу стану солдата (Hertz Systems Hedera, Leidos SMS та ін.). Однак більшість подібних систем передають дані до центрального серверу командування через GSM мережі [1].

З іншого боку, відомо, що в умовах тривалих морських рейсів, особливо океанічних, людина постійно перебуває під дією кліматичних і специфічних суднових факторів, які викликають в організмі різноманітні патологічні зміни. Тому ця проблема також актуальна для медицини праці, з огляду на те, що частина працездатного населення виконує діяльність, пов'язану з перебуванням у морських умовах [2].

За тривалого перебування в морських умовах відбуваються значні адаптаційні зміни в орга-

нізмі людини, в т. ч. у серцево-судинній системі. Це проявляється в стійкому зниженні частоти серцевих скорочень, систолічного і пульсового артеріального тиску за відсутності змін ударного викиду і діастолічного тиску. Фізичне навантаження дозволяє виявити ознаки зниження ефективності серцевої діяльності та скорочувальної активності міокарда [3].

Постановка завдання. Сьогодні недостатньо уваги приділяється засобам моніторингу фізіологічного стану моряків, адже через обмежене покриття зв'язок недоступний чи його якість недостатня. У зв'язку з цим важливим є моніторинг спортсменів, що плавають на далекі дистанції, наприклад, яхтсменів, а саме стан їх рівня стресу, втомлюваності, витрачених калорій та інших факторів для оптимального планування харчування, коригування режимів роботи та відпочинку. Також це актуально для моряків інших професій, які здійснюють тривалі подорожі, у т. ч. в інших кліматичних зонах, в умовах автономного плавання. Це вимагає мобільної системи, яка забезпечувала б збір, обробку та збереження фізіологічних даних членів екіпажу судна.

Завдання – розробити архітектуру, створити програмне забезпечення й апаратно реалізувати

систему для офлайн-моніторингу основних фізіологічних показників яхтсменів, враховуючи особливості середовища на судні. Система має задовольняти такі вимоги:

- підтримувати велику кількість моніторених осіб;
- працювати без наявності мережі;
- зберігати дані та результати їх обробки невідзначений час;
- споживати якомога менше енергії та простору;
- надавати можливість перегляду даних для певних осіб.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Апаратна реалізація системи. Найбільш зручним засобом для моніторингу фізіологічних параметрів людини є смарт-браслети, що можуть надавати інформацію про частоту серцебиття, артеріальний тиск, температуру тіла, кількість кроків та ін. [4].

Більшість цих пристроїв має можливість передачі даних через Блютуз (Bluetooth), проте зазначений протокол має істотне обмеження – максимальна кількість пристроїв, під'єднаних до одного сервера, становить 7. Це робить неможливим його використання для моніторингу більш ніж 7 осіб одночасно.

Через це було обрано технологію Wi-Fi, яка не має обмеження за кількістю під'єднаних пристроїв. Крім того, радіус покриття становить близько 100 м (залежно від реалізації точки доступу), чого цілком достатньо для більшості морських суден. Також радіус покриття може бути легко збільшений встановленням додаткових точок доступу. Отже, основною додатковою функцією смарт-браслета з погляду реалізації поставленого завдання є наявність вбудованих засобів Wi-Fi. Таку функцію, наприклад, має смарт-браслет Garmin Forerunner, який і було обрано для цієї системи.

Для створення сервера використано портативний комп'ютер RaspberryPi 3 Model B, вартість якого складає 35\$. Його розмір трохи більший за банківську карту, а енергоспоживання складає до 15 Вт за цілком достатньої продуктивності [5]. Також ця модель має вбудований Wi-Fi модуль, що може працювати в режимі точки доступу, що дозволяє відмовитися від додаткового роутера. Обмін даними між пристроями відбувається через мережу Wi-Fi та протокол TCP/IP.

Загальна структура системи показана на рис. 1.

Архітектура програмного забезпечення. Програмна реалізація цієї системи складається з трьох окремих частин:

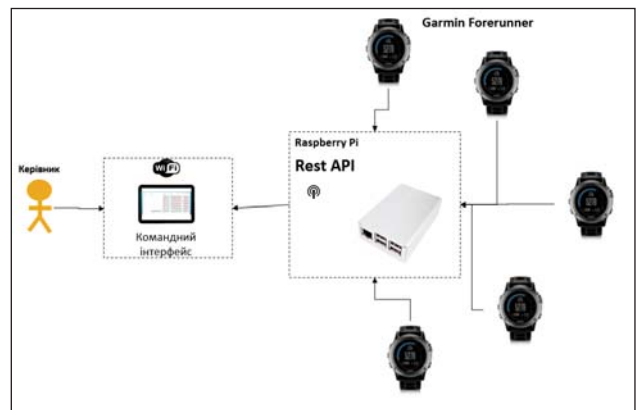


Рис. 1. Загальна архітектура системи

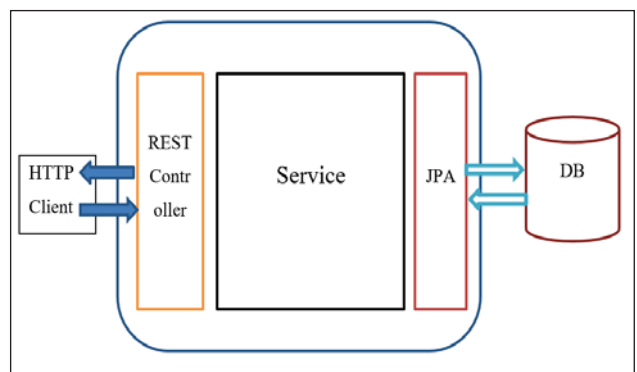


Рис. 2. Архітектура веб-сервера на Java Spring Framework

1. клієнтський додаток для Garmin Forerunner, що надсилає дані на сервер;
2. візуальний інтерфейс для моніторингу даних членів екіпажу;
3. веб-сервер для приймання даних від клієнтів, їх обробки та збереження, контролю за подальшим доступом до них.

Пропонований сервер реалізує REST API інтерфейс [6] для взаємодії з клієнтами. Для написання веб-сервера застосовано мову програмування Java та фреймворк Spring [7], який значно спрощує і прискорює розробку складних веб-сервісів. Архітектура веб-сервера представлена на рис. 2.

Розроблений сервер складається з 3 функціональних шарів:

- REST Controller забезпечує маршрутизацію запитів, перевірку прав доступу клієнта до запитаних даних, запуск необхідної логіки та відповідь клієнтові;
- шар Service зосереджує в собі всю функціональну логіку – обробку фізіологічних даних (частота серцевих скорочень, варіабельність ритму серця, рівень фізичної активності, темпера-



Рис. 3. Блок-схема програми обробки даних

тура тіла) для визначення рівня втоми та стресу у людини;

– JPA – шар, що надає можливість зберігати в зручному вигляді Java-об’єкти в базі даних.

Шар Service завжди виконується в окремому потоці виконання, щоб не блокувати приймання нових вхідних запитів під час обробки попередніх. Структура програми обробки даних показана на рис. 3.

У якості системи управління реляційною базою даних обрана PostgreSQL – сучасна та швидка СУБД із відкритим вихідним кодом і легкою інтеграцією із Java-додатками через драйвер JDBC [8].

Застосована технологія Spring Boot дозволяє скомпілювати єдиний виконуючий файл додатку (розширення *.war) із вбудованим веб-сервером і налаштуваннями конфігурації, що значно спрощує розробку, підтримання та подальшу модифікацію програмної частини системи [9].

Веб сервер реалізує такі методи API:

– POST /user/{user_id}/data – приймання даних для певного користувача та їх подальша обробка. Цей метод відкритий і не потребує аутентифікації, що спрощує розробку клієнтського додатку для смарт-браслета.

– POST /login – аутентифікація користувача на сервері. Обов’язкова для виконання всіх наступних запитів.

– GET /user/{user_id}/data – отримання списку всіх даних у скороченому вигляді для певного користувача. Цей метод вимагає, щоб користувач був авторизований на сервері.

– GET /user/{user_id}/data/{data_id} – отримання детального опису та результатів для певного ресурсу даних.

Висновки. Нині не реалізовано системи моніторингу фізіологічного стану яхтсменів, що здійснюють тривалі подорожі під час змагань, тому було запропоновано програмно-апаратну систему, що включає смарт-браслети та портативний комп’ютер Raspberry Pi, дані між якими передаються через локальну мережу засобами Wi-Fi і не потребують доступу до Інтернету. На Raspberry Pi виконується веб-сервер, що реалізує Rest API для приймання даних від клієнтів та обробки запитів. Веб-сервер реалізовано мовою програмування Java та на платформі Spring Framework & Spring Boot.

Розроблена система забезпечує моніторинг довільної кількості яхтсменів у зоні радіусом до 100 м (або більше – за наявності додаткового

обладнання), збереження й обробку даних щодо їх фізіологічного стану без необхідності підключення до Інтернету. Наразі система перебуває у тестовому випробуванні під час навколосвітніх гонок яхт Volvo Ocean Race.

Вона також може бути застосована для тривалого моніторингу інших груп користувачів, у т. ч. спеціального призначення, для яких неможливе чи, з огляду на специфіку виконуваних робіт, недоцільне підключення до зовнішніх мереж, у т. ч. до Інтернету.

Список літератури:

1. Sharma Ar., Sharma Am., Gupta A., Tomar D., Mishra A. A review on soldier monitoring system. Intern. Journal of Sci. Research and Management Studies. 2016. Vol. 3, Issue 4. P. 153–156.
2. Ильин В., Моисеенко Е. Медико-физиологические исследования в Первой морской украинской антарктической экспедиции. Бюлетень Українського Антарктичного Центру. 1997. Вип. 1. С. 259–261.
3. Моисеенко Е. Особенности змін функціональних об'ємів серця і показників центральної гемодинаміки людини в умовах тривалого трансатлантичного рейсу. Бюлетень Українського Антарктичного Центру. 2003. Вип. 3. С. 266–271.
4. Барановський Д. Сучасні засоби і пристрої для телемоніторингу життєвих функцій людини: стан проблеми. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». 2018. Т. 29. № 1. Ч. 1. С. 27–31.
5. Naifacree G. Benchmarking the Raspberry Pi 3 B+. Medium. URL: <https://medium.com/@ghalfacree/benchmarking-the-raspberry-pi-3-b-plus-44122cf3d806>.
6. Representational state transfer. Wikipedia: free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer.
7. Projects. Spring Framework. URL: <https://projects.spring.io/spring-framework/>.
8. PostgreSQL. About. URL: <https://www.postgresql.org/about/>.
9. Katamreddy S. Why Spring Boot? URL: <https://dzone.com/articles/why-springboot>.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЯХТСМЕНОВ

Рассмотрены современные системы мониторинга физиологических параметров человека, а также особые требования к ним для использования на яхтах. Предложено архитектуру такой мобильной системы и её программно-аппаратную реализацию. Система производит регистрацию, обработку и накопление частоты сердечных сокращений, вариабельности ритма сердца, уровня физической активности и температуры тела. Технические средства включают портативный компьютер Raspberry Pi 3 Model B и смарт-браслеты Garmin Forerunner с функцией Wi-Fi. Приведены функции и структура программного обеспечения и его API интерфейс. На сегодня система проходит тестирование во время кругосветных гонок яхт Volvo Ocean Race.

Ключевые слова: системы мониторинга, архитектура клиент-сервер, медицинские гаджеты, яхтсмены, физиологические параметры.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE-HARDWARE SYSTEM FOR MONITORING PHYSIOLOGICAL STATE IN YACHTSMEN

Modern systems for monitoring physiological parameters of humans and specific requirements to such systems for using at yachts reconsidered. Architecture of such system and its software-hardware realization are proposed. System performs registration, processing and storing heartbeats, heart-rate variability, degree of physical activity, and body temperature. Technical means includes portable computer Raspberry Pi3 Model Band smart bracelets Garmin Forerunner with Wi-Fi. The functions and structure of the software and its API interface are disclosed. Today system is tested during round-the-world yacht race Volvo Ocean Race.

Key words: monitoring systems, client-server architecture, medical gadgets, yachtsmen, physiological parameters.