

РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 004.891

Барановський Д.М.

Вінницький національний технічний університет

Якубовська С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Зленко О.С.

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова

Павлов В.С.

Вінницький національний технічний університет

Чернишова Т.А.

Медичний центр авіаційного університету, м. Київ

Криворучко І.О.

Вінницький національний технічний університет

СУЧАСНІ ЗАСОБИ І ПРИСТРОЇ ДЛЯ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ ЖИТТЄВИХ ФУНКЦІЙ ЛЮДИНИ: СТАН ПРОБЛЕМИ

У статті проведено аналіз сучасних засобів і пристроїв для мобільної діагностики й телемоніторингу життєвих функцій людини. Досліджено функціональність пристроїв і їх відповідність технічним характеристикам. У результаті аналізу отриманих даних з пристроїв виявлено невисоку точність вимірювань, не достатню для застосування в медицині.

Ключові слова: телеметричний моніторинг, базові функції, носимі пристрої, життєві функції людини.

Постановка проблеми. Останніми роками спостерігається стрімке зростання кількості пристроїв для мобільної медицини – від планшетів і смартфонів до спеціалізованих пристроїв (фітнес-трекерів, годинників, кнопок життя тощо). Розвиток мобільного зв'язку досяг глобальних масштабів, а мобільні мережі охопили понад 85% населення світу. При цьому технічні можливості мобільних пристроїв постійно збільшуються, що робить їх ефективною платформою створення програм і додатків для діагностики й моніторингу життєвих функцій людини, який необхідний у багатьох випадках: контроль стану організму; спостереження за хворим у процесі його лікування; виявлення симптомів у людей з груп ризику, спортивній медицині тощо. Саме на вирі-

шення наявних проблем й орієнтовані мобільні портативні засоби та додатки для дистанційного телеметричного моніторингу [1].

Постановка завдання. Мета статті – проаналізувати сучасні засоби і пристрої для мобільної діагностики й телемоніторингу життєвих функцій людини; дослідити функціональність пристроїв і їх відповідність технічним характеристикам.

Виклад основного матеріалу дослідження. За допомогою мобільних пристроїв пацієнти можуть контролювати свій стан здоров'я протягом тривалого проміжку часу, а лікарі – аналізувати його та поведінку пацієнтів, характер їхніх фізичних навантажень. Наприклад, браслети Fitbit Flex і Jawbone's Up24, які своїм призначенням допомагають людям бути здоровішими: частіше

рухатись, вчасно прокидатись, правильно харчуватись, бути більш активними [2].

Мобільний пристрій допомагає контролювати рівень цукру в крові завдяки глюкометрам з убудованими Bluetooth та audio-jack інтерфейсами. Такі пристрої можуть бути автономними з убудованою пам'яттю і джерелом живлення, спеціальними гаджетами, що працюють лише в парі з мобільним телефоном. Спеціальний мобільний додаток збирає дані з глюкометрів і проводить аналіз стану пацієнта-користувача, нагадуючи про необхідність ін'єкції інсуліну [1].

Носимі пристрої здатні забезпечити безперервний моніторинг стану людини, збирати дані самостійно, без додаткової потреби з боку користувача, ініціалізації вимірювання, що відкриває нові можливості для глибокого аналізу медичних даних, виявлення причин зміни, діагностики і прогнозування стану людини [2].

Мобільна охорона здоров'я є компонентом електронної охорони здоров'я, яка на теперішній день ще не має стандартизованого визначення. Проте глобальна обсерваторія з електронної охорони здоров'я, за результатами власних досліджень, дала таке визначення: мобільна охорона здоров'я – це лікарська практика і практика загальної охорони здоров'я, яка підтримується пристроями мобільного зв'язку, а саме: мобільними телефонами, пристроями для спостереження за станом хворих, КПК (кишеньковими персональними комп'ютерами) та іншими пристроями бездротового зв'язку – і включає в себе використання й капіталізацію основних інструментів мобільного телефону – голосового зв'язку і служби коротких повідомлень (SMS), більш потужних функціональних засобів і додатків, включаючи систему пакетного радіозв'язку загального використання (GPRS), мобільні системи зв'язку 3-го й 4-го поколінь (системи 3G і 4G), глобальну навігаційну супутникову систему (GPS) і технологію Bluetooth [3].

У складних системах медичного призначення для отримання необхідної інформації використовують одразу декілька сенсорів і давачів. Точність і надійність такої інформації визначає ефективність роботи всієї системи, що, у свою чергу, безпосередньо впливає на процес лікування пацієнта. Наприклад, убудовані в сенсор мікроконтролери дають змогу обробляти інформацію від первинних вимірювальних перетворювачів, забезпечуючи кращу точність і достовірність аналізованої інформації [4].

Зазвичай діагностичні параметри, що використовують у медичній практиці лікарі, засновані

на багаторічних спостереженнях і мають середньостатистичний характер. Статистичний підхід, як відомо, оперує з усередненими показниками, які мають великий розкид, що не дає достовірно оцінити стан конкретної людини. Через великі обсяги вхідних даних лікарю важко виділити найбільш значимі критерії та оцінки функціонального стану людини. Завдання формування сукупності найбільш значимих показників у своїй більшості вирішується висококваліфікованими спеціалістами на інтуїтивному рівні, коли лікар-експерт зараховує функціональний стан організму людини до певного класу, визначивши характер лікування [5].

Функціональна діагностика людини спрямована на виявлення захворювань, запобігання захворюванням або лікування їх і повинна проводитись настільки часто, наскільки це необхідно. Однак значна частина населення не має ні достатньої кількості часу, ні достатку, необхідного для регулярної стаціонарної діагностики в медичних установах. У такій ситуації якісним рішенням видається дистанційний моніторинг стану здоров'я людини, який дає їй змогу проходити обстеження, не порушуючи свій розпорядок життя, без значної втрати часу на відвідування стаціонару й проведення обстеження, що є для неї достатньо комфортним і зручним в умовах сучасного життєвого ритму [6].

Серед множини функціональних параметрів одними з найважливіших показників стану людського організму є параметри серцевої діяльності й дихання. Згідно зі статистикою, захворювання серцево-судинної системи – одні з найбільш поширених серед популяції [6], що завдають найбільшої шкоди кількості світового населення. Наприклад, у Європі, за статистикою за 2009 рік, із цієї причини зафіксовано близько 50% усіх смертельних випадків, а загальна кількість померлих від серцево-судинних захворювань становила близько 7,1 млн. людей (1,4 млн. у розвинених країнах і 5,7 млн. у регіонах, що розвиваються), тобто близько 30% від загальної смертності [7]. Про порушення серцево-судинної системи можна судити за пульсом, а маркерами стану дихальної системи слугують параметри її функціонування [6].

Існує значна кількість систем амбулаторної функціональної діагностики, що забезпечують тривалу (більше ніж 1 хвилина) реєстрацію різних фізіологічних даних людини, зокрема респіраторних і кардіологічних, подальше оброблення та аналіз яких медичними фахівцями здійснюється

як дистанційно, так і за принципом «особисто в руки». Варто врахувати, що під час амбулаторного лікування саме тривалий моніторинг забезпечує високу діагностичну цінність, так як дає змогу оцінити динаміку стану людини [6].

Збирання або реєстрація даних у моніторних системах засновані на перетворенні сигналів, що відображають функціонування фізіологічних систем у форму, зручну для подальшого оброблення та аналізу. Фізіологічні параметри можуть бути визначені безпосередньо як фізичні величини, що вимірюються, наприклад, температура, тиск, біоелектричні потенціали, або як величини, що характеризують взаємодію фізіологічних процесів організму з фізичними полями [6].

Подальший аналіз даних включає первинне оброблення біоелектричних сигналів з давачів, їх підсилення, фільтрацію завад, аналого-цифрове перетворення тощо. Одним із варіантів такого аналізу даних є пороговий контроль поточних значень фізіологічних параметрів з включенням тривожної сигналізації в разі наближення значень контрольованого параметра до меж заздалегідь заданих діагнозів.

Вторинне оброблення біологічних сигналів, аналіз даних у моніторних системах ведеться за допомогою засобів мікропроцесорної техніки, яка надає великі можливості щодо реалізації складних діагностичних алгоритмів оброблення фізі-

ологічної інформації, зокрема проведення спектрального, статистичного, регресійного тощо методів математичного аналізу. Цифрове оброблення сигналів у сучасних моніторах дає змогу провести складний аналіз фізіологічної інформації в реальному часі, що призводить до зниження впливу артефактів, що виникають під час реєстрації сигналів [8].

Недоліками більшості сучасних носимих пристроїв є не завжди коректне або неповне керівництво з експлуатації, невідповідність фактичних технічних характеристик паспортним, неповне зняття даних, відображення даних у ненормованих одиницях, відсутність можливості коригування помилок, відсутність GPS у більшості пристроїв, малий час роботи від акумулятора тощо.

Серед базових функцій і вимог, що висуваються до носимих пристроїв для телеметричного моніторингу життєвих функцій людини, можемо відзначити такі:

- 1) час роботи (для комфортного користування має бути не менше ніж 1-го тижня);
- 2) можливість автономної роботи (тобто можливість роботи без підключення до смартфона або серверів компанії);
- 3) висока точність вимірювань (пульс, крокомір, детектор падіння);
- 4) регулярне оновлення програмного забезпечення;

Таблиця 1

Аналіз відповідності базовим вимогам засобів і приладів для телеметричного моніторингу (д. а. – додаткові аксесуари)

Назва	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jawbone UP	10 дн.	-	-	+	-	+	+	-	-	-	1599 грн
Jawbone UP 24	10 дн.	-	-	+	+	-	+	+	-	+/-	1599 грн
Jawbone UP3	7 дн.	-	-	+	+	-	+	+	-	+	1999 грн
Samsung Gear Fit	2 дн.	+	-	-	-	-	+	-	-	IP67	2195 грн
Sony Smart Band SWR10	5 дн.	-	-	-	+	-	+	-	-	IP58	1199 грн
Polar Loop	5 дн.	+	+(д.а.)	-	+	-	+	+	-	WR20	2469 грн
Garmin Vivofit	до 1 р.	+	+	+	+	-	+	-	-	WR50	2457 грн
Nike FuelBand SE	4 дн.	-	-	+	+	-	+	-	-	WR20	1820 грн
Misfit Shine	до 4 м.	+/-	-	+	+	-	+	-	-	WR50	1880 грн
Fitbit Flex	5 дн.	-	-	+	+	-	+	+	-	WR30	2799 грн
iHealth AM3	5 дн.	+	+	+	+	-	+	-	-	WR20	1400 грн
Mio Fuse	5 дн.	+	+	-	+	-	+	+	-	WR20	2670 грн
Microsoft Band	2 дн.	+	-	+	+	-	+	-	+	+	7047 грн
Xiaomi Mi Band	від 1 м.	-	-	+	+	-	+	+	-	IP67	303 грн
Xiaomi Mi Band 2	20 дн.	+	+	+	+	-	+	+	-	+	699 грн
Runtastic Orbit	7 дн.	-	-	+	+	-	+	+	-	-	2750 грн
Fitbit Surge	7 дн.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	3200 грн
LG Lifeband Touch	5 дн.	-	-	-	+	-	+	+	-	-	2000 грн
Emergency Watch	2 м.	+	-	-	+	+	+	+	+	-	6660 грн

5) зручність використання, особливо для людей похилого віку;

6) прозорість (інформаційна відкритість процесів управління збиранням та обміном інформації) [9];

7) збереження інформації;

8) технологічна нейтральність та адаптивність (підтримка сторонніх технологій, протоколів обміну даними) [9];

9) точність і швидкість визначення місцезнаходження (наявність GPS);

10) збереження працездатності в агресивних умовах використання (ударостійкість, водонепроникність);

11) вартість.

У таблиці 1 згруповано результати аналізу літературних джерел за темою статті, які дають розгорнуту картину відповідності результируючих засобів вищенаведеним базовим вимогам.

Дані таблиці 1 свідчать також про те, що проблеми в роботі виникають у більшості пристроїв, а саме 15 з 19 проаналізованих. Водночас автономність роботи приладів знаходиться на високому рівні. Усі розглянуті пристрої телеметричного моніторингу можна використовувати як дистанційний реєстратор даних завдяки наявності вбудованої пам'яті і зчитувати їх у будь-який зручний момент. Хоча сучасні технології й дають змогу виготовляти мобільні монітори життєвих функцій людини достатньо мініатюрними, це не завжди доцільно, оскільки погіршує їх основну характеристику – точність вимірювання показників. Саме через наявність зазначеного недоліку більшість проаналізованих приладів і додатків рекомендується лише для домашнього, так званого індикативного, контролю. Усунути його можемо шляхом використання мобільних SMART – платформ для розв'язання завдань мережної діагностики й моніторингу стану людини, що сприяє впровадженню цих додатків і в медичну галузь [1].

Розробка та випуск оновлених версій програмного забезпечення є більш ефективними,

ніж запуск нового модельного ряду пристроїв, тому частина виробників, які вже випустили декілька моделей, більше уваги приділяють їх підтримці.

У більшості вищенаведених пристроїв відсутній контроль прозорості обміну даними. Можливо, це зроблено для збереження приватної таємниці, але практично всі мобільні додатки повідомляють користувача про збирання, передачу і прийом даних, маючи водночас приховану функцію відмикнення контролю даних. Технологічна нейтральність та адаптивність зазвичай рідко реалізуються в пристроях моніторингу, що вигідно розробнику та не вигідно користувачу. Розробнику вигідно тим, що він обмежує роботу пристрою лише з його власним програмним забезпеченням і на зручних йому платформах, хоча його нормальна робота при цьому не гарантується [9].

Точність і швидкість визначення місцезнаходження власника смартфона або пристрою дуже важлива в теперішній час, оскільки збільшує точність показників мобільних медичних додатків і дає змогу підвищити ступінь функціональності до рівня додатка «Кнопка життя» з автоматичним викликом швидкої медичної допомоги, автоматичною побудовою пройдених маршрутів тощо.

Висновки. Отже, незважаючи на досить велику кількість пристроїв для моніторингу життєвих функцій людини, досить складно виділити з них такі, що повною мірою відповідають сукупній вимозі комфортності, надійності, функціональності, точності вимірювань, тривалості роботи, достатньої для повсякденного використання тощо. Годинники з давачами пульсу не завжди точно вимірюють пульс, хоча й забезпечують комфортне представлення вимірюваних результатів. Викликає тривогу неконтрольована експансія різноманітних носимих пристроїв, орієнтованих на моніторинг фізіологічних показників, таких, що не відповідають вимогам сучасних експертів у галузі медичного електронного приладобудування.

Список літератури:

1. 10 гаджетов, помогающих следить за здоровьем с помощью смартфона. URL: <https://geektimes.ru/post/269842/> (дата звернення 20.01.2018).
2. Chaffey D. Mobile Marketing Statistics compilation. URL: <http://www.smartinsights.com/> (дата звернення 12.03.2016).
3. Мобильное здравоохранение. Новые горизонты здравоохранения через технологии мобильной связи: доклад о результатах второго глобального обследования в области электронного здравоохранения / Всемирная организация здравоохранения. 2011. Т. 3. С. 6.
4. Власенко Д.В., Дубко А.Г. Розробка спрощених моделей точності та надійності сенсорів тиску та температури на основі теорії планування експерименту. Вітчизняні інженерні розробки для охорони здоров'я. Київ, 2016. С. 28.

5. Математичні моделі і методи оцінки функціонального стану людини. URL: <http://www.dslib.net/mat-modelirovanie/matematicheskie-metody-i-modeli-ocenki-funkcionalnogo-sostojaniya-cheloveka-i-ih.html> (дата звернення 18.01.2018).

6. Гайдуков В.С., Тараканов С.А., Кузнецов В.И., Подольский М.Д. Преимущества амбулаторной экспресс-диагностики состояния сердечнососудистой и дыхательной систем человека на примере телеметрической системы удаленного онлайн-мониторинга кардиореспираторных параметров пациентов. Врач и информационные технологии, ИТ и диагностика. 2013, С. 37.

7. The European health report 2012: charting the way to well-being. Executive summary. World Health Organization, 2013. 15 p.

8. Eliman. URL: www.eliman.ru/Lit/AMCM/2.html (дата звернення 20.01.2018).

9. Кузнецов П.П., Шелехов П.В. Мобильная медицина: интеграция данных с приложений и устройств mHealth и IOT (обзор). ЗАО Изд. «Рдиотехника», 2015. 56 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕЛЕМОНИТОРИНГА ЖИЗНЕННЫХ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В статье проведен анализ современных средств и устройств для мобильной диагностики и телемониторинга жизненных функций человека. Исследованы функциональность устройств и их соответствие техническим характеристикам. Анализ полученных данных показал, что ни одно из устройств не дает точности измерений достаточной для использования в медицине.

Ключевые слова: телеметрический мониторинг, базовые функции, носимые устройства, жизненные функции человека.

MODERN MEANS AND DEVICES FOR TELEMONITORING OF VITAL SIGNS OF THE PERSON: CONDITION OF A PROBLEM

In work the analysis of modern means and devices for diagnostics and telemonitoring of vital signs of the person was carried out. It is investigated functionality of devices, and compliance to technical characteristics. As a result of the analysis of the obtained data from devices, it was revealed that any of them doesn't yield desirable result and high precision of measurements sufficient for use in medicine.

Key words: telemetric monitoring, basic functions, wearable devices, vital signs of the person.