

УДК 004.386'1

І.Д. Яковлева, М.А. Кузь, О.Ю. Рощупкін, Ю.О. Галін, В.В. Сидорчук, О.О. Пшеничний  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці

## АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ТЕЛЕМЕТРИЧНОГО ДОСЛІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ

*В даній статті запропоновано апаратну реалізацію модуля збору та обробки інформації телеметричного дослідницького комплексу, який виконує задачі дослідження території та складання карти, вивчення клімату і складу атмосфери, а також пошуку мінералів, що містять метали, розроблено формат передачі даних від комплексу до центру управління. В статті наведено схему взаємодії блоків телеметричного дослідницького комплексу, а також будову блоку збору й обробки інформації, описано механізм взаємодії аналогових сенсорів та цифрових пристроїв з мікроконтролером.*

**Ключові слова:** дослідницький комплекс, мобільний робот, дистанційне управління, робототехнічна платформа, телеметричне дослідження, збір та обробка інформації.

### Вступ

На сучасному рівні розвитку людства все гостріше постає проблема дослідження космічного простору. Впродовж віків людство могло лише спостерігати з поверхні планети за процесами та явищами, що відбувалися в космічному просторі.

Незважаючи на те, що з моменту старту космічних програм пройшло вже більше ніж півстоліття, основним способом дослідження віддалених об'єктів або об'єктів, що являють собою небезпеку для людини, є телеметричні дослідницькі системи [1].

В даній статті розглянуто апаратну реалізацію модуля збору та обробки інформації телеметричного дослідницького комплексу, який виконує задачі дослідження території та складання карти, вивчення клімату і складу атмосфери, а також пошуку мінералів, до складу яких входять метали. Він може керуватися як автономно, так і з командного центру; сонячні батареї забезпечують додаткове живлення, а комп'ютерна система штучного інтелекту визначає пріоритетні задачі і відповідно до них перерозподіляє живлення. У випадку аварії передбачена система аварійної сигналізації.

### Огляд літератури

В [2] реалізовано мобільний комплекс з використанням мікроконтролерів для виконання різних задач та прийняття рішень, але він має високу вартість та складність реалізації.

В [3, 4] робототехнічні рішення виконано на базі персонального комп'ютера. Така конструкція має суттєві переваги тому, що в персональному комп'ютері (ноутбуці) наявна більшість з необхідних інструментів, такі як: веб-камера, адаптер Wi-Fi та Bluetooth, інтерфейси COM (RS-232) та LPT. Вони використовуються для керування шасі та збору інформації з сенсорів, а також можливість використання широкого набору гнучких мов програмування високого рівня. Проте, при такій реалізації суттєво зростає ціна комплексу, збільшуються розміри кінцевої телеметричної системи та вимоги до живлення.

### Постановка задачі

Отже, оскільки існує потреба дослідження віддалених об'єктів та об'єктів, що являють собою небезпеку для людини, а основним способом їх дослідження є телеметричні дослідницькі системи, то постала задача розробити апаратно-програмний

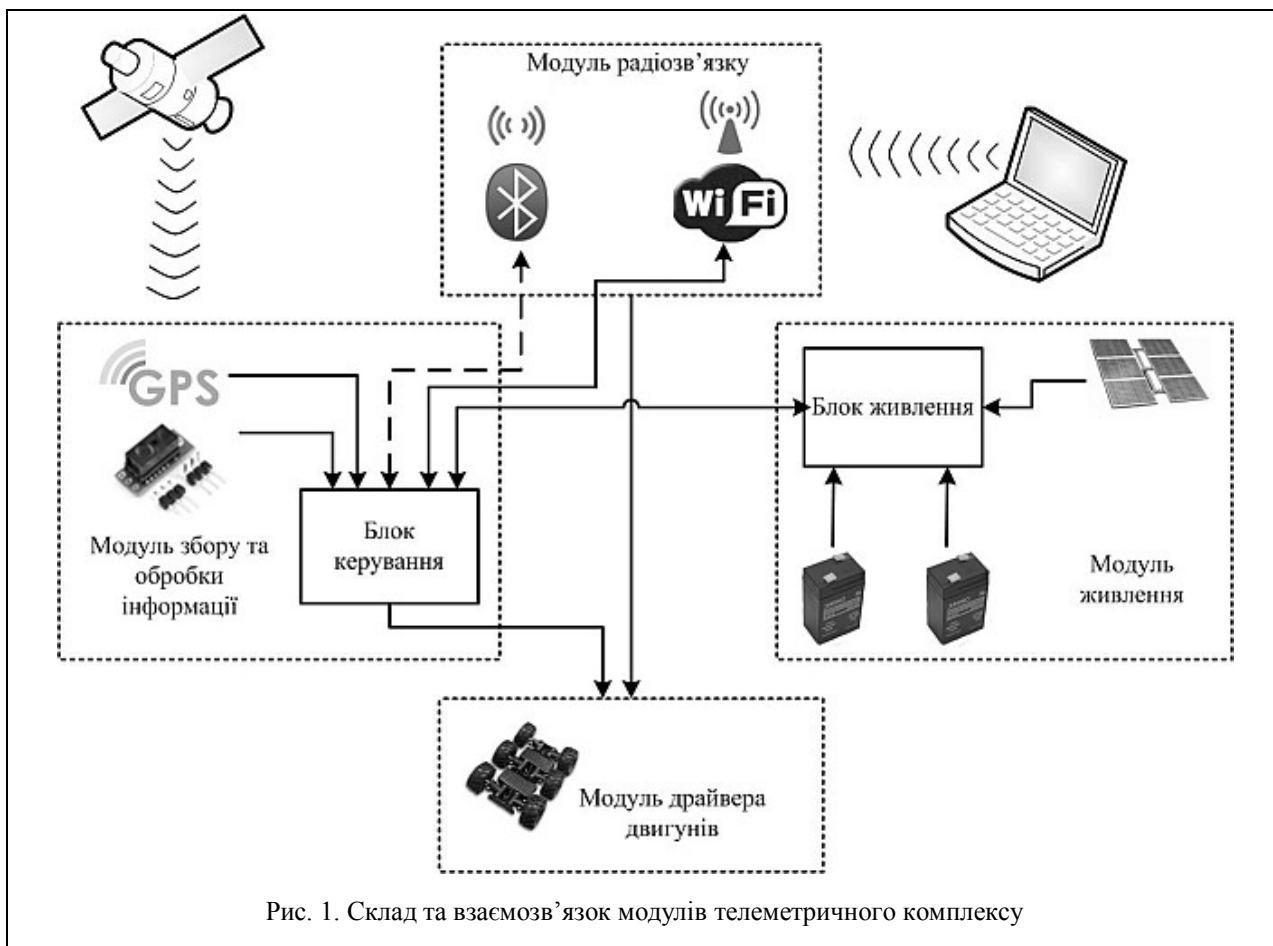
комплекс, який виконує збір та обробку інформації з периферійних сенсорів, має відносно невеликі розміри та високу автономність живлення.

### Структура телеметричного комплексу

У розроблений телеметричний комплекс входить: трьохосьове мобільне шасі (рухома платформа) з корисним навантаженням до 5 кг; IP-камера з високою роздільною здатністю і режимом «нічного бачення», можливістю кругового огляду, вбудованим динаміком та мікрофоном; WI-FI контролер;

драйвер керування двигунами шасі; GPS модуль (для визначення глобальних координат за допомогою 32 супутників); сервопривід, здатний обертати поворотну поверхню на 180 градусів.

Телеметричний комплекс розміщений на базі трьохосьового шасі, яке приводять в рух шість електромоторів, обладнаних редукторами, і складається з чотирьох модулів: модуля радіозв'язку, драйверу двигунів, модулю збору та обробки інформації з периферійних сенсорів та модуля живлення (рис. 1).



Модуль радіозв'язку телеметричного дослідницького комплексу включає в себе компоненти Wi-Fi та Bluetooth, які зв'язані з модулем збору та обробки інформації за допомогою USART інтерфейсу. Задачами модуля є забезпечення двостороннього зв'язку з модулем збору та обробки інформації і драйвером двигуна, для можливості прямого контролю рухом телеметричного дослідницького комплексу з центру керування. Основним каналом зв'язку є Wi-Fi, але при неможливості встановлення з'єднання або виходу з ладу адаптеру Wi-Fi передбачено використання резервного каналу зв'язку за допомогою інтерфейсу Bluetooth.

Модуль живлення постачає стабілізовану напругу всім компонентам телеметричного дослідницького

комплексу. В його задачі входить динамічний розподіл навантаження між двома свинцево-кислотними акумуляторами та сонячною батареєю. Модуль слідкує за зарядом акумуляторних батарей, а коли комплекс знаходиться під сонячним випромінюванням, то відбувається підзарядження додаткової батареї.

Модуль живлення під'єднано до модуля збору та обробки інформації для можливості моніторингу стану батарей та його індикації на рідкокристалічному дисплеї.

Модуль драйвера двигунів забезпечує керування процесом руху телеметричного дослідницького комплексу. Також, модуль виконує функцію розв'язки високовольтної частини двигунів від реш-

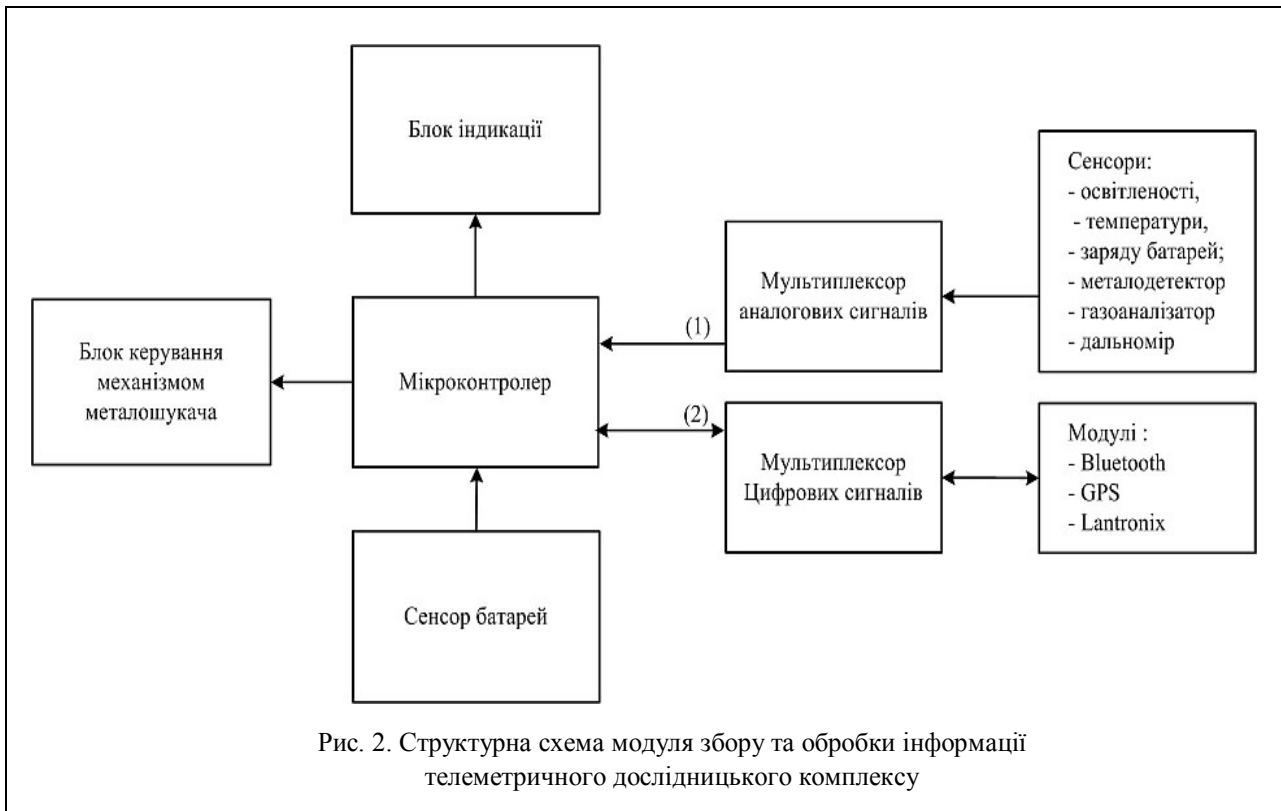
ти складових комплексу. Модуль може отримувати команди двома способами: напряму від центру керування по Wi-Fi радіоканалу (чи Bluetooth), а потім через інтерфейс USART (використовується для телеметричного управління); та від модуля збору та обробки інформації (при автономній роботі комплексу).

Модуль керує електромоторами, що, відповідно, через редуктори приводять у рух шість коліс з незалежною підвіскою. Така конструкція дозволяє покращити прохідність телеметричного дослідниць-

кого комплексу при русі територією, з різними нерівностями рельєфу.

### Модуль збору та обробки інформації

Модуль збору та обробки інформації, структурна схема якого показана на рис. 2, реалізовано на базі мікроконтролера PIC16F876A [5], отримує дані від сенсорів температури, освітлення, газу, відстані, GPS та стану батарей, а також забезпечує резервний канал зв'язку через Bluetooth та роботу металошукача.



Дані, що надходять від аналогових сенсорів, а саме: металодетектора, газоаналізатора, сенсора освітленості, температури, дальноміру та сенсору заряду батарей, за допомогою мультиплексора (зв'язок (1), рис. 2), подаються на вхід АЦП, інтегрованого у мікроконтролер.

Дані, що надходять від цифрових пристроїв (зв'язок (2), рис. 2), а саме: модулів Bluetooth, GPS та Lantronix через мультиплексор комутуються з внутрішнім USART модулем мікроконтролера.

Інформація, що надходить від аналогових та цифрових пристроїв, подається відповідно на вхід аналогового компаратора і модуль USART мікроконтролера та обробляється окремо.

Пристрої Bluetooth та Lantronix для відправки даних у центр керування використовують двосторонній канал обміну даними. Мікроконтролер отримує дані від цифрових пристроїв через мультиплексор (зв'язок (2), рис. 2), а надсилає інформацію че-

рез окрему лінію, спільну для двох пристроїв, причому вибір активного джерела в кожен момент часу забезпечується сигналом ChipSelect (CS).

Додатково модуль збору та обробки інформації слідкує за станом компонентів телеметричного дослідницького комплексу та сповіщає центр керування у разі виникнення неполадок або аварійних станів у обладнанні.

Модуль збору та обробки інформації послідовно опитує всі цифрові та аналогові датчики комплексу, використовуючи відповідні мультиплексори. З отриманих даних формується текстовий рядок (фрейм), який передається через USART в модуль забезпечення зв'язку, що, у свою чергу, надсилає його через WiFi радіоканал в центр управління (ЦУ) по протоколу TCP/IP.

Спеціально для даної задачі було розроблено формат фрейму, який являє собою текстову послідовність службових символів (розділювачів) та число-

вих даних розміщених у визначеному порядку.

Формат фрейму (пробіли та символи переносу рядка відсутні) наступний:

`$/GPRMC,hhmmss.ss,A,GGMM.MM,P,gggmm.m m,J,v.v,b.b,ddmmyy,x.x,n,m*hh/light/gas/metal/tmpr/shrp/v1/v2/v3.`

Поля, які формують фрейм наступні:

- Фрейм починається символом "\$", який сигналізує про те, що далі слідує тіло фрейма з числовими даними. Наявність символу "\$" у вхідному потоці свідчить, що отримано новий фрейм, і слід виконати операції його обробки (розбиття на складові та запис у базу даних (БД)).

- Символ "/" виступає розділювачем і відокремлює поля фрейму.

- `GPRMC,hhmmss.ss,A,GGMM.MM,P,gggmm.mm,J,v.v,b.b,ddmmyy,x.x,n,m*hh` – RMC-рядок, який містить чітко визначений набір полів, формат і кількість яких описані у протоколі NMEA 0183. Усі поля GPRMC рядку, окрім магнітного схилення, напрямку магнітного схилення та індикатора режиму, використовуються в роботі комплексу. GPRMC-рядок, отриманий з GPS-модуля зберігається та передається у фреймі без змін.

- `light` – числове значення датчика освітленості; дійсне число з крапкою.

- `gas` – числове значення газоаналізатора.

- `metal` – числове значення, отримане з металодетектора.

- `tmpr` – числове значення температури.

- `shrp` – числове значення, отримане з дальноміра.

- `V1` – числове значення рівня заряду батареї, що живить електроніку.

- `V2` – числове значення рівня зарядку батареї, що живить двигуни.

- `V3` – числове значення рівня заряду допоміжної батареї.

Після отримання фрейму в ЦУ, здійснюється виділення значення кожного з полів та запис отриманих значень у БД. База зберігає всі результати досліджень телеметричного комплексу, дані про маршрут, часові відмітки та справність датчиків і забезпечує ЦУ даними, необхідними для побудови карти місцевості.

У випадку несправності будь-якого з датчиків, у фрейм на відповідну позицію записується значення "-1", що свідчить про виникнення аварійної ситуації.

Протокол обміну даними з ЦУ передбачає відправку даних за запитом. Модуль збору та обробки інформації починає наповнення фрейму і відправляє його у випадку отримання запиту з ЦУ, який містить. Запит являє собою текстовий рядок, вигляду `"$/x1/y1/x2/y2/met/ret/mod"`, де

- `x1,y1` – GPS координати початкової точки руху.

- `x2,y2` – GPS координати точки призначення.

- `met` – команда активізації металошукача: "1" – здійснити замір, "0" – залишатися в неактивному стані.

- `ret` – команда повернення на точку відправки: "1" – повернутися, "0" – продовжити рух.

- `mod` – режим управління передачею даних: "1" – ручний (керування з ЦУ, запити за командою користувача), "0" – автоматичний (циклічна передача через визначений інтервал часу).

При втраті зв'язку із центром керування модуль збору та обробки інформації переходить у автономний режим роботи і отримує керування телеметричним дослідницьким комплексом. Комплекс може продовжувати виконання поставленої задачі або повернутися на останню відому точку збереженого маршруту, де ще був зв'язок з командним центром та очікувати подальших інструкцій.

Телеметричний дослідницький комплекс реалізує свої основні функції по дослідженню об'єктів місцевості чи явищ за допомогою модуля збору та обробки інформації. Використання вже згаданого набору сенсорів дозволяє отримати дані про склад атмосфери, клімат, освітленість поверхні, діапазон температур та дослідити поверхню на наявність металовмісних речовин та провести їх кількісний аналіз.

Для виводу сервісної інформації у модулі використовується рідкокристалічний екран, звуковий сигналізатор (спікер з вбудованим генератором) та світлодіодна індикація.

Для програмування контролера передбачена зйомна панель та інтерфейс ICSP.

Зовнішній вигляд телеметричного дослідницького комплексу представлено на рис. 3.

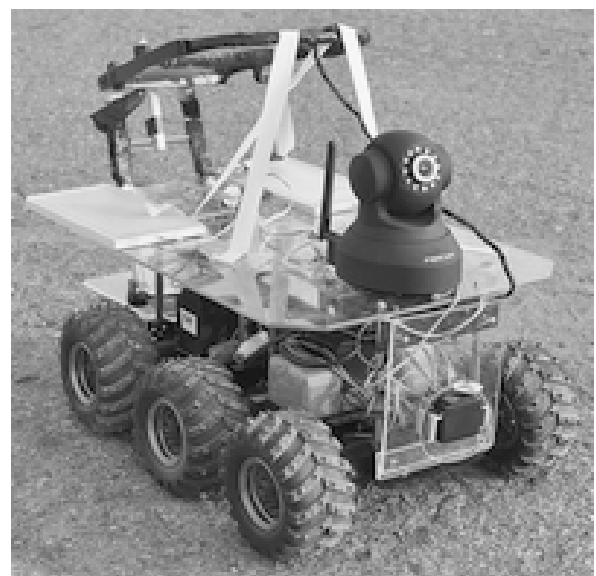


Рис. 3. Зовнішній вигляд телеметричного дослідницького комплексу

**Подяка**

Дана робота виконувалась у рамках міжнародного робототехнічного конкурсу "Earth Rover 2011" та за підтримки благодійної організації World Genesis Foundation у співпраці з Румунською науковою асоціацією Cygnus та при підтримці технічного університету Молдови.

**Висновки**

Реалізовано модуль збору та обробки інформації телеметричного дослідницького комплексу на базі мікроконтролера PIC16F876A. Модуль забезпечує виконання наступних задач телеметричного дослідницького комплексу: дослідження території, вивчення клімату та складу атмосфери, оцінку відстані до об'єктів, пошук матеріалів, що містять метали, розроблено формат передачі даних від комплексу до центру управління. Комплекс має відносно невеликі розміри та високу автономність живлення.

Розроблений комплекс є роботом другого покоління [6] і відноситься до класу дослідницьких роботів з біотехнічним командним керуванням [7], що дозволяє використовувати його для широкого кола задач, таких як, дослідження важкодоступних, небезпечних місцевостей. Також він володіє потужними можливостями для модернізації та подальшого удосконалення.

**Список літератури**

1. Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники / Корендяев А.И. — М : Наука, 2006. Ч1 — 383с.
2. Научно-исследовательский комплекс "Мобильные роботы", [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.roboart.narod.ru/mobile\\_robots.htm](http://www.roboart.narod.ru/mobile_robots.htm)
3. Мобильный робот на основе стандартного ноутбука, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.roboart.narod.ru/er\\_1.htm](http://www.roboart.narod.ru/er_1.htm)
4. Самодельный робот на базе IBM PC , [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://robot.pascbet.ru/>
5. Microchip Technology Inc. PIC PIC16F876A Datasheet/ J Vilà Casado, — Режим доступа: <http://www.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>
6. Бусленко В.Н. Наши коллеги – робот / В.Н. Бусленко — М. : Молодая гвардия, 1984. —222с.
7. Артамкин Е.Ю. Классификация роботов и области их применения: [Электронный ресурс] / Е.Ю. Артамкин.// Наука и техника — 2007. Режим доступа: <http://www.doctus.ru/item/16>

Надійшла до редколегії 19.03.2012

**Рецензент:** д-р фіз.-мат. наук, проф. С.Е. Остапов, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці.

**АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА**

И.Д. Яковлева, Н.А. Кузь, А.Ю. Рошчупкин, Ю.А. Галин, В.В. Сидорчук., А.А. Пшеничный

*В данной статье предложена аппаратная реализация модуля сбора и обработки информации телеметрического исследовательского комплекса, который выполняет задачи исследования территории и составления карты пройденного маршрута, изучение климата и состава атмосферы, а также поиска минералов, содержащих металлы. В статье приведена схема взаимодействия блоков телеметрического исследовательского комплекса, а также строение блока сбора и обработки информации, описан механизм взаимодействия аналоговых сенсоров и цифровых устройств с микроконтроллером.*

**Ключевые слова:** исследовательский комплекс, мобильный робот, дистанционное управление, робототехническая платформа, телеметрическое исследование, сбор и обработка информации.

**HARDWARE IMPLEMENTATION OF DATA ACQUISITION AND DATA PROCESSING MODULE  
IN TELEMETRIC RESEARCH SYSTEM**

I.D. Iakovlieva, M.A. Kuz, O.Y. Roshchupkin, Y.A. Galin, V.V. Sydorhuk., O.O. Pshenychnyi

*This paper describes hardware implementation of the data acquisition and data processing module in telemetry research system, which performs such problems as: area exploration and mapping, climate and atmosphere research, research of minerals that contain metals. The article displays the scheme of modules interaction in telemetric research system, as well as the structure of data collecting and processing module, describes the mechanism of interaction between analog sensors, digital devices and microcontroller.*

**Keywords:** research system, mobile robot, remote control, robotic platform, telemetric research, information collecting, information processing.