

УДК 004.031.6:681.5

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ****Пархоменко А.В., Гладкова О.М., Кравченко О.П., Кравченко Д.П.****RESEARCH&DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEM FOR MOVING
OBJECTS GROUP REMOTE CONTROL****Parkhomenko A.V., Gladkova O.M., Kravchenko O.P., Kravchenko D.P.**

У статті розглянуто питання дослідження та розробки мікроконтролерної системи віддаленого керування рухомими об'єктами. Представлено архітектуру системи, принципи її функціонування та контролю. Виконано порівняльний аналіз декількох варіантів реалізації системи на основі готових програмно-апаратних платформ (Arduino, Raspberry Pi), а також власних спроектованих модулів керування. Досліджено вплив конструктивної реалізації на метрики якості системи.

Ключові слова: рухомий об'єкт, програмно-апаратна платформа, мікроконтролер, ефект присутності, центральний блок керування, метрики якості.

Вступ. Сучасна концепція Інтернету речей тісно пов'язана з «розумними» технологіями та системами: Розумний будинок, Розумний транспорт, Розумний бізнес, Розумне місто та ін. Їх використання дозволяє зробити життя суспільства більш комфортним та заощадити ресурси. Тим не менш, ефективне управління, надійність та безпека таких систем залишаються відкритими питаннями [1].

Сьогодні Розумні транспортні системи використовуються для організації ефективних зелених перевезень у різноманітних сферах людської діяльності. Вони дозволяють покращити безпеку руху, пропускну здатність шляхів, знизити навантаження на людину та негативний вплив транспорту на навколишнє середовище.

Перш за все – це інформаційні системи, що забезпечують користувачів даними про рух в реальному режимі часу, можливості паркування, дорожні пригоди, завантаженість транспортних шляхів та ін. [2].

По-друге – це системи безпілотного керування, що володіють можливостями розпізнавання дорожніх знаків, сигналів світлофору, стаціонарних та рухомих перешкод та ін. [2].

Третій напрямок – це інтелектуальні системи що дозволяють контролювати стан транспортного засобу, оточуючого середовища, а також водія [3-6].

Четвертий напрямок – це різноманітні виробничі та логістичні транспортні системи, що використовуються в різних галузях економіки [7].

П'ятий напрямок – це системи віддаленого керування рухомими об'єктами [8-12]. Дані системи мають багато потенційних застосувань та увага до них постійно зростає. Завдяки тому, що користувач може знаходитись на значній відстані від керованого рухомого об'єкта, такі об'єкти можуть використовуватись в небезпечних або недосяжних місцях (військові місії, рятувальні операції в зонах екологічних катастроф або аварій). Крім того, використання таких систем може бути доцільним в промисловості, сільському та домашньому господарстві, а також у сфері пізнавально-ігрових розваг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відома система керування перегонами автомобілів [11] складається з радіокерованої моделі автомобіля та спеціального програмного забезпечення (ПЗ) для мобільного телефону. Радіокерований автомобіль, у свою чергу, містить у своєму складі акселерометр та Bluetooth приймач. На мобільний телефон, що повинен містити Bluetooth передавач, встановлюється необхідне ПЗ. Оператор за допомогою інтерфейсу, встановленого на телефоні ПЗ, керує радіокерованим автомобілем. Також, система у режимі реального часу передає інформацію про швидкість автомобіля на мобільний телефон.

Головним недоліком цієї системи є малий радіус дії Bluetooth передавача (до 10м), що не дозволяє використовувати систему для керування рухомими об'єктами на більших відстанях. Крім того, в системі не передбачені можливості

налаштування рухомих об'єктів, а також віддалене керування декількома об'єктами.

Система автоматизованого керування робочим органом транспортної мережі за допомогою радіокерування [12], складається з робочого органу транспортної мережі, транспортного шляху з навантажувально-розвантажувальними постами, при цьому в робочому органі транспортної мережі встановлений блок пам'яті, забезпечений відповідними командами блока зв'язку, з'єданого з пультом радіо-дистанційного керування, укомплектованим програмним мікропроцесором, і через блок зв'язку з'єданого з пультом керування системою та блоком виводу інформації. Вказана система працює на частоті радіохвиль 27 МГц.

Недоліками цієї системи є відсутність прийому/передачі відео-зображення для контролю за процесом руху та використання діапазону СВ - Citizen's Band (27 МГц), що має великий радіус дії, але не гарантує стійкого і надійного зв'язку, оскільки є чутливим до впливу побутових і промислових перешкод. Крім того, він має слабку проникаючу здатність, а отже, не призначений для використання в умовах міської забудови. Також, для роботи на цій частоті практично не існує компактного обладнання, що не дозволяє змінювати швидко дислокацію системи.

Постановка проблеми. Таким чином, існуючі підходи до реалізації автоматизованої системи віддаленого керування рухомими об'єктами не передбачають можливостей роботи з групою об'єктів, не забезпечують потрібного радіусу віддаленого керування (50 метрів та більше), а також мобільності, завадостійкості та надійності функціонування системи.

Отже, задача створення автоматизованої системи віддаленого керування рухомими об'єктами, що надає можливість керування рухом декількох об'єктів одночасно, налаштування їх параметрів, дозволяє створити ефект присутності операторів у досліджуваній зоні для контролю траєкторії та умов руху, а також надає актуальну інформацію про поточний стан рухомих об'єктів диспетчеру є актуальною.

Мета статті. Для ефективної розробки системи автоматизованого віддаленого керування групою рухомих об'єктів, необхідно розробити архітектуру системи, запропонувати конструктивну реалізацію та алгоритм керування, що забезпечать потрібний радіус дії системи, низьке енергоспоживання, дозволять знизити собівартість системи та підвищити ефективність функціонування.

Результати досліджень. Як показали проведені дослідження, правильний вибір системної архітектури, конфігурації і компонентів може забезпечити значну синергію складових системи та, відповідно, її надійність та адаптованість.

Архітектура системи може варіюватися, але зазвичай складається з:

- датчиків для сприйняття оточення та відповідно контролю руху;

- платформи, що забезпечує пересування, комунікаційну інфраструктуру та живлення системи;

- системи управління, що обумовлює рівень автономії та інтелекту рухомого об'єкта та може використовувати як класичний алгоритмічний контроль, так і більш складні методи (наприклад, ієрархічне навчання, адаптивний контроль та ін.);

- людино-машинного інтерфейсу, що залежить від того, як працює контрольований об'єкт (джойстик, панель керування монітора, мобільний телефон, мовні команди та ін.) [7];

- комунікацій між людиною, яка приймає рішення, та об'єктом, або між декількома об'єктами, що мають забезпечувати точність і секретність обміну даними, при цьому спосіб зв'язку може бути різним, від радіозв'язку до волоконної оптики [1].

З метою зменшення термінів розробки та вартості подібних систем, проектувальники сьогодні активно використовують готові програмно-апаратні платформ та інші повторно-використовувані компоненти апаратного та програмного забезпечення [13].

Архітектура розроблюваної автоматизованої системи була запропонована в [14] та складається з рухомого об'єкта (передбачено можливість підключення одного, двох або трьох об'єктів), центрального блоку керування (ЦБК), а також станції оператора (відповідно, для кожного рухомого об'єкта) (рис.1).

На кожному рухомому об'єкті розміщено радіопередавач для взаємодії із ЦБК, камеру та відео передавач, що передає зображення на відео-окуляри оператора, панель індикації, блок живлення, а також мікроконтролерний блок, до якого підключені ці компоненти. Мікроконтролерний блок (на основі мікроконтролера ATmega8A) обробляє і виконує керуючу інформацію, отриману від ЦБК.

Станція оператора складається з джойстика для управління рухом об'єкта, а також відео-окулярів, на які у режимі реального часу відбувається передача відео зображення з рухомого об'єкта для створення ефекту присутності оператора всередині рухомого об'єкта.

В процесі модернізації системи [15-16] було розроблено декілька варіантів ЦБК, що є найважливішою складовою системи та забезпечує налаштування і контроль рухомих об'єктів (прив'язка до потрібного радіоканалу, калібрування положення передніх коліс, контроль швидкості руху, відстані до рухомого об'єкта та рівня заряду батареї живлення).

Було досліджено реалізацію на основі апаратних платформ Arduino та Raspberry Pi, а також дві різні реалізації на базі власного розробленого модуля керування (перша – на основі мікроконтролера ATmega8A та остаточна – на основі мікроконтролера ATmega16A). Результати порівняльного аналізу варіантів реалізації наведені в таблиці.

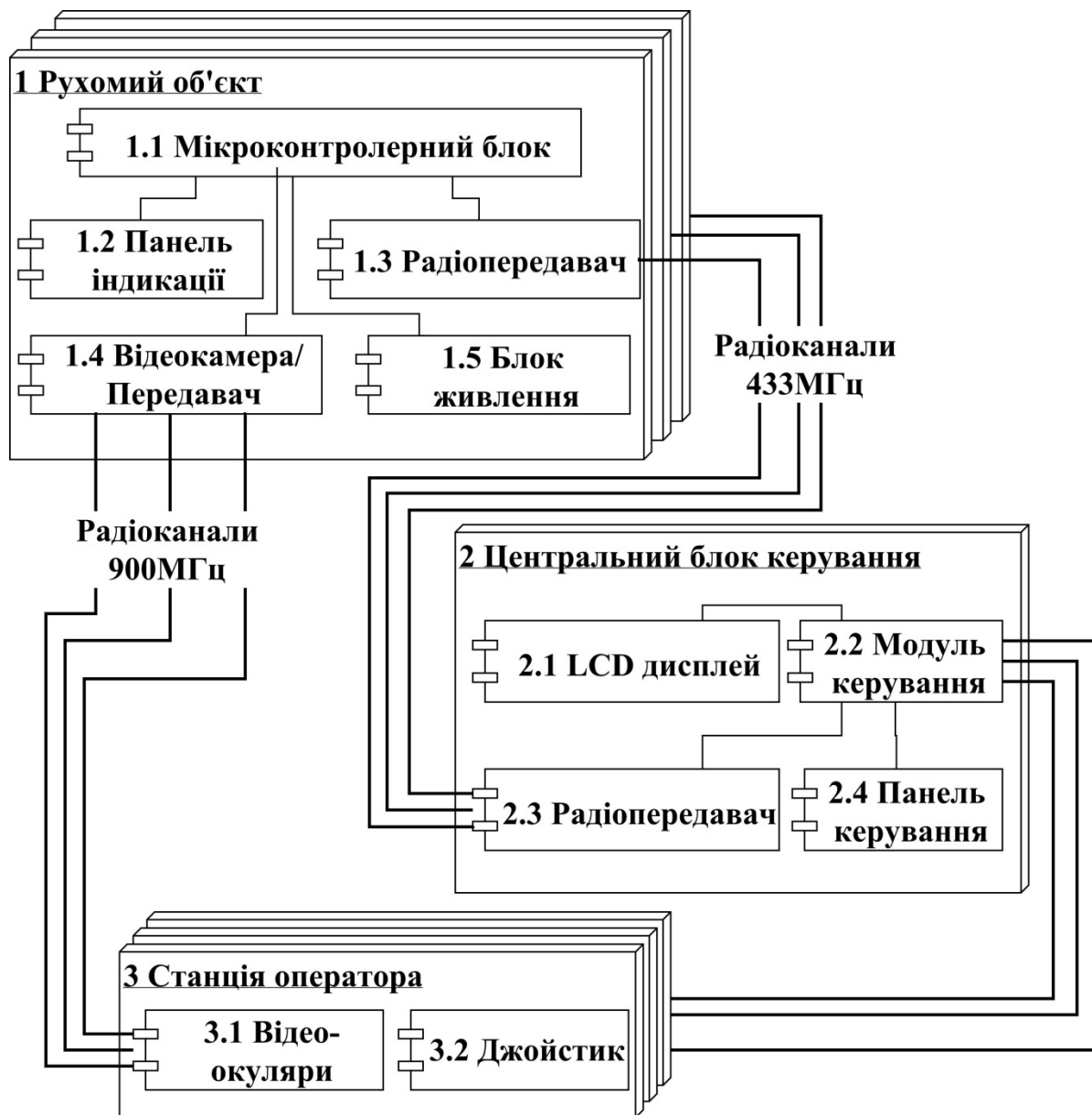


Рис. 1. Архітектура системи

Таблиця

Порівняльний аналіз різних варіантів реалізації ЦБК

Специфікація	Попередній варіант власної реалізації модуля керування	Новий варіант власної реалізації модуля керування	Варіант на Raspberry Pi 2 Model B	Варіант на Arduino Mega2560
SoC / Мікроконтролер	ATmega 8 PU 8 bit	ATmega 16A 8 bit	Broadcom BCM2836 32 bit	ATmega 2560 8 bit
Максимальна робоча частота	16 MHz	16 MHz	900 MHz	16 MHz
SDRAM	1 KB	1 KB	1 GB	8 KB
Низькорівневі периферійні пристрої	SPI, I2C, UART, 3 PWM pins	SPI, I2C, UART, JTAG, 4 PWM pins	SPI, I2C, UART, 2 PWM pins	4 UART, I2C, SPI 15 PWM pins
GPIO виводи	23 pins / 6 ADC channels	32 pins / 8 ADC channels	40 digital pins	54 digital pins / 16 ADC channels
Енергоспоживання	15 mA	13 mA	800 mA	38 mA
Постійна пам'ять (FLASH)	8 KB	16 KB	Up to 32 GB (microSD slot)	256 KB (8 KB used by bootloader)
Інша периферія	No	No	4 USB, HDMI, Ethernet, CSI, DSI	USB Type B

Реалізація ЦБК на платформі Arduino є досить компактною та забезпечує можливість живлення від батареї. Розроблене програмне забезпечення дозволяє обробляти дії диспетчера з панеллю керування та відображати відповідні повідомлення на LCD-екрані, а також зчитувати аналогові значення з джойстика, нормалізувати їх та передавати за допомогою радіопередавача керуючу інформацію рухомому об'єкту з використанням UART протоколу. Програма також забезпечує вибір режиму швидкості, калібрування джойстика і одночасне керування декількома рухомими об'єктами. Як показали дослідження, реалізація блоку керування на основі Arduino потребує використання додаткової макетної плати для збільшення кількості виводів землі і живлення та макетних з'єднань для взаємодії з платформою Arduino, що знижує надійність та компактність системи.

Як відомо, платформа Raspberry Pi має високу обчислювальну потужність, але не має вбудованого аналого-цифрового перетворювача. Тому, додаткова друкована плата, що складається з 8-канального аналого-цифрового перетворювача MCP3008 та логічного перетворювача рівня, побудованого на двох транзисторах MOSFET, була створена для роботи з аналоговими пристроями. Ця плата дозволяє керувати аналоговими сигналами з джойстика та перетворювати логічні рівні сигналів 5В та 3.3В, отримані від радіопередавача. Середовище Altium Designer було обрано для вирішення задач проектування електронної схеми, топології провідних шарів та тривимірної моделі друкованої плати. Програмне забезпечення написано на мові C++ для операційної системи Raspbian, що використовує середовище Qt Creator. Створена програма надає зручний інтерфейс, забезпечує обробку виключень та забезпечує функції для керування трьома рухомими об'єктами: прив'язка до потрібного каналу, вибір режиму швидкості, Старт/Стоп. Для забезпечення одночасного управління трьома рухомими об'єктами, для кожного активного каналу створюється окремий потік, це можливо завдяки використовуваній операційній системі. Оскільки діапазон значень в потенціометрах контролерів джойстиків може відрізнятись, було створено додаткове вікно для більш точного калібрування керування [15].

Крім того, було створено дві реалізації модуля керування на основі власних спроектованих плат. Попередня реалізація модуля керування була здійснена на двох платах з використанням мікроконтролерів ATmega8A та мала певні конструктивні недоліки, що призводили до нестабільної роботи, малого радіусу дії та перешкод у відео-сигналі.

Нову реалізацію модуля керування здійснено на основі однієї друкованої плати із встановленим мікроконтролером ATmega16A. Модуль додатково

містить лінійний стабілізатор напруги NCP1117 для збільшення стабільності роботи та зменшення впливу коливань напруги від джерела живлення в схемі, зовні регістри 74HC165 для збільшення кількості виводів. Програмне забезпечення для мікроконтролера зчитує дані з елементів панелі керування ЦБК, забезпечує обробку даних з джойстиків операторів, виведення контрольної інформації на екран ЦБК, виконання команд операторів та передачу керуючих команд до рухомих об'єктів за допомогою радіопередавача.

Використання власного модуля керування дало суттєвий виграв у собівартості системи, адже його вартість складала приблизно 240 грн., що суттєво менше у порівнянні із вартістю Arduino або Raspberry Pi.

Тестування системи проводилось за двома сценаріями та полягало в оцінюванні робочих відстаней керування. Перший сценарій передбачав вимірювання відстаней, на яких рухомий об'єкт повністю втрачає керуючий сигнал (в цьому випадку він зупиняється та загоряється спеціальний світлодіодний індикатор). За другим сценарієм здійснювалось вимірювання відстані, при якій якість переданого сигналу на відео-окулярах стає недостатньою для керування об'єктом (поява безперервних сильних перешкод на переданому зображенні або повна відсутність сигналу). Всі розроблені версії ЦБК показали майже однакові результати - приблизно 50 метрів, що вище, ніж значення, отримані для попередньої реалізації.

Якість отриманого на відео-окуляри оператора відео-зображення є однією з основних метрик якості системи. Для оцінки якості відеосигналу було використано MSU Video Quality Measurement Tool 9.1 [17].

Порівняння виконувалось для двох власних реалізацій модуля керування (попереднього та нового варіантів). Були обрано два найбільш інформативні метрики: "MSU Brightness Flicking" (рис.2) та "MSU Noise Estimation" (рис.3), що дозволило порівняти різну сукупність кадрів відео послідовності. MSU Brightness Flicking дозволяє оцінити коливання яскравості між сусідніми кадрами відео послідовності. MSU Noise Estimation дозволяє оцінити рівень шуму для кожного кадру відео послідовності.

Отримані графіки демонструють явне зниження коливання яскравості та рівня шуму для нової реалізації ЦБК на основі власного модуля керування порівняно з попередньою версією, що свідчить про правильність прийнятих проектних рішень.

Розроблений алгоритм керування системою у вигляді діаграми UML, представлено на рис. 4.

Після включення живлення системи та завантаження ЦБК, на його екрані відобразатиметься поточний стан та режим швидкості каналу. За замовчуванням, у всіх операторів виставлений режим мінімальної швидкості руху об'єктів. Про запуск програми

рухомого об'єкту свідчитиме загоряння зеленого світлодіоду на панелі індикації рухомого об'єкта. На наступному кроці необхідно натиснути клавішу "Bind" на рухомому об'єкті для активації режиму прив'язки. Загориться синій світлодіод, який свідчить про очікування команди від ЦБК із номером каналу, що буде закріплений за рухомих об'єктом. Після вибору каналу та натискання клавіші прив'язки на панелі ЦБК, синій світлодіод повинен згаснути. Загоряння синього світлодіоду відбувається також при втраті зв'язку із ЦБК. Після цього, система готова до запуску. Для калібрування положення коліс потрібно переключитися до відповідного режиму та за допомогою клавіш "FT+" і "FT-" виконати необхідні налаштування. Із

натисканням кнопки "Start" активується режим керування та почнеться передача відео-зображення на відео-окуляри оператора. За допомогою джойстика, підключеного до ЦБК, відбувається керування рухомих об'єктом.

Радіопередавачі, що використані в системі для передачі керуючої інформації, працюють у діапазоні LPD - Low Power Device (433МГц), що має високу проникаючу здатність та є стійким до перешкод, це дозволяє з успіхом використовувати його для зв'язку в умовах забудови, крім того, обладнання для цього діапазону є досить компактним, що підвищує рівень мобільності та завадостійкості системи.

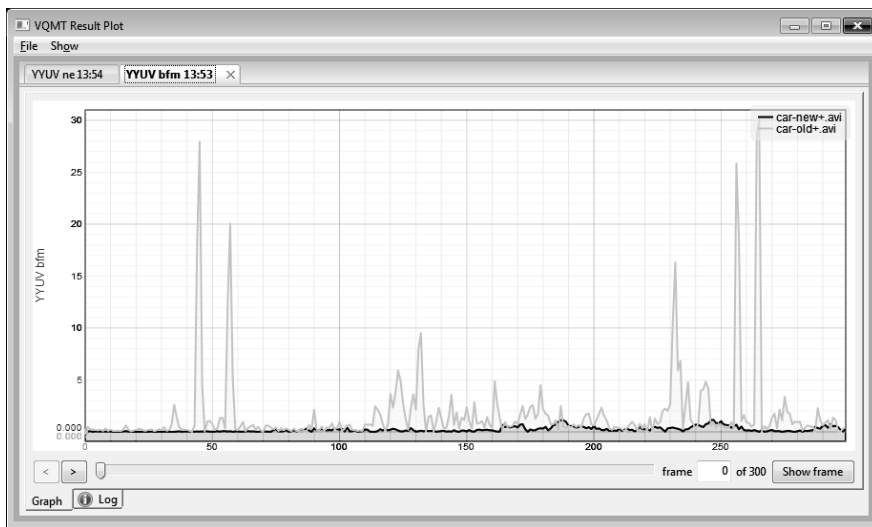


Рис. 2. MSU Brightness Flicking

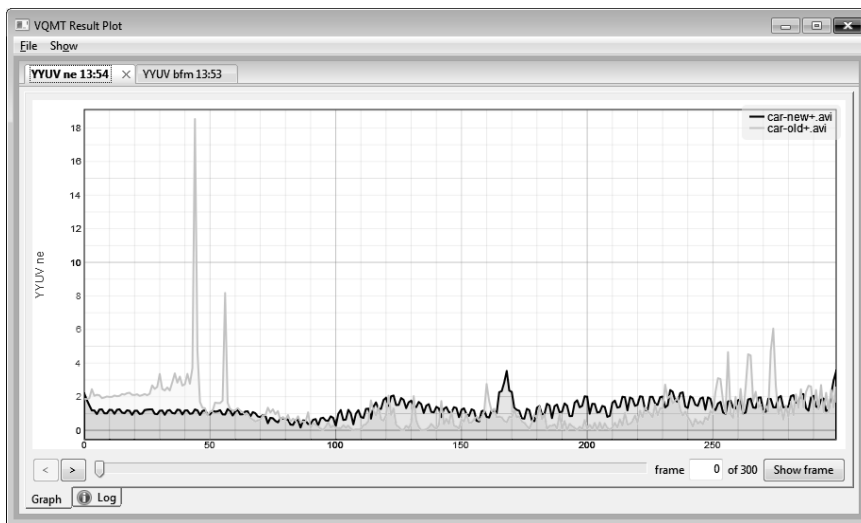


Рис. 3. MSU Noise Estimation

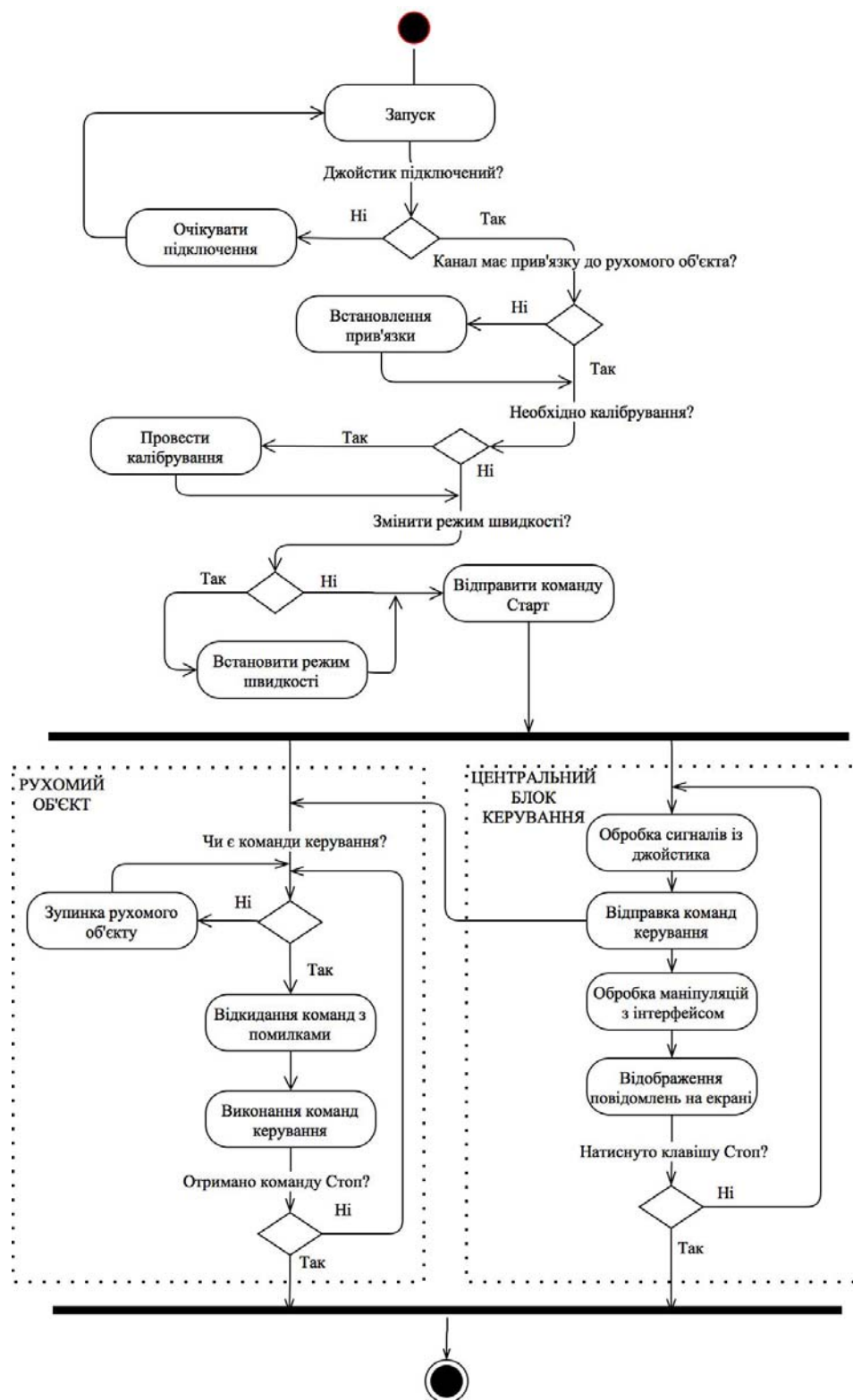


Рис. 4. Діаграма послідовності дій з керування системою

Висновок. В результаті проведених досліджень та проектування створено програмне та апаратне забезпечення автоматизованої системи віддаленого керування групою рухомих об'єктів.

Проаналізовано різні рішення щодо реалізації системи, проведено вдосконалення конструктивної реалізації ЦБК.

Можемо підсумувати, що кожна досліджена конструктивна реалізація має свої переваги та недоліки, а використання готових програмно-апаратних платформ зазвичай дозволяє зменшити терміни та трудомісткість проектування, але не є гарантією забезпечення всіх вимог до системи.

В той же час, власний розроблений модуль керування забезпечив потрібний радіус дії системи, низький рівень енергоспоживання, меншу вартість розробки та дозволив підвищити якість відеозображення за рахунок прийнятих рішень з конструктивної реалізації, а також розробленого програмного забезпечення.

Запропоновано ефективний алгоритм керування системою, що надає можливість керування декількома рухомими об'єктами одночасно, налаштування параметрів рухомих об'єктів та прийому/передачі відеозображення для контролю за процесом руху.

Література

1. Reliability Failure in Unmanned Ground Vehicle (UGV) /Phuoc-Nguyen, Nguyen-Huu and J. Titus // GROUND ROBOTICS RESEARCH CENTER. - 2009. - 33 p. [Online]. Available: http://arc.engin.umich.edu/grcc/techreports/200901_ReliabilityUGV.pdf
2. Smart Transportation. Huawei Technologies Co., Ltd. 2016. - 28 p. [Online]. Available: http://www.huawei.com/minisite/hwmbbf16/insights/smart_transportation_16Nov_PRINT_spread.pdf
3. Mammeri A. North-American Speed Limit Sign Detection and Recognition for Smart Cars / A. Mammeri, A. Boukerche, J. Feng and R. Wang. // Proceedings of 9th IEEE International Workshop on Performance and Management of Wireless and Mobile Networks. – 2013. - P.154-161
4. Anupama, J. Design and Development of Autonomous Ground Vehicle for Wild Life Monitoring / J. Anupama, A. Kavitha, S. Harsha, M. Karthick // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. – 2014. - Vol. 2, Issue 5. - P.4227-4234
5. Suwannakom A. The Development of Motion Control for Unmanned Ground Vehicle Navigation / A. Suwannakom, B. Wiengmoon, T. Tathawee // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2016). - 2016. - Vol II. – P. 630-633
6. Bangar P. Y. Design and implementation of next generation Smart car / P. Y. Bangar, S. B. Pacharne, S. S. Kabade, and Prachi R. Rajarapolu // Proceedings of the International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT). - 2016. - P. 508 – 512
7. Zhou Y. The Prospect of Smart Cars: Intelligent Structure and Human-machine Interaction /Y. Zhou, G. Xu, F. Qin, K. Xu, G. Wang, Y. Ou, Guilin, Lin and Q. Zhang // Proceedings of the International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO). – 2013.- P..1899-1904
8. Vehicle control unit based on radio communication [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20170329&CC=CN&NR=206049553U&KC=U%23#
9. Автоматична система контролю руху автомобіля [Online]. Available: <http://library.uipv.org/document?fund=%202&id=219571>
10. Vaidya A. Design and Implementation of Intelligent Vehicle System based on ARM Cortex / A. Vaidya, M. T. Kolte // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering 2015. -Vol. 4, Issue 6.- P.223-225
11. Radio controlled car APP platform race system [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20170426&CC=CN&NR=106600433A&KC=A#
12. Система автоматизованого керування робочим органом транспортної мережі за допомогою радіо керування. [Online]. Available: http://library.uipv.org/document?fund=2&id=126978&to_fund=2
13. Parkhomenko A. Reusable Solutions for Embedded Systems' Design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Sokolyanskii, V. Shepelenko, Y. Zalyubovskiy // Proceedings of the International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016). – 2016. - P.313-317
14. Parkhomenko A.V. Virtual Tools and Collaborative Working Environment in Embedded System Design/ A.V. Parkhomenko, O.N.Gladkova // Proceedings of the XI International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014). - 2014. - P. 91-93.
15. Parkhomenko A. Modernization of Mobile Object Control System based on Raspberry Pi and Arduino platforms / A. Parkhomenko, O. Kravchenko, D. Kravchenko, O. Gladkova // Proceedings of the International Symposium on Embedded Systems and Trends in Teaching Engineering. - 2016. - P.249-253
16. Пархоменко А.В. Модернізація центрального пульта управління системи FPV AUTO/ А.В.Пархоменко, О.П.Кравченко // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій. - 2016. - С. 293-295
17. MSU Video Quality Measurement Tool [Online]. Available: http://www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html

References

1. Reliability Failure in Unmanned Ground Vehicle (UGV) /Phuoc-Nguyen, Nguyen-Huu and J. Titus // GROUND ROBOTICS RESEARCH CENTER. - 2009. - 33 p. [Online]. Available: http://arc.engin.umich.edu/grcc/techreports/200901_ReliabilityUGV.pdf
2. Smart Transportation. Huawei Technologies Co., Ltd. 2016. - 28 p. [Online]. Available: http://www.huawei.com/minisite/hwmbbf16/insights/smart_transportation_16Nov_PRINT_spread.pdf
3. Mammeri A. North-American Speed Limit Sign Detection and Recognition for Smart Cars / A. Mammeri, A. Boukerche, J. Feng and R. Wang. // Proceedings of 9th IEEE International Workshop on Performance and Management of Wireless and Mobile Networks. – 2013. - P.154-161
4. Anupama, J. Design and Development of Autonomous Ground Vehicle for Wild Life Monitoring / J. Anupama, A. Kavitha, S. Harsha, M. Karthick // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. – 2014. - Vol. 2, Issue 5. - P.4227-4234
5. Suwannakom A. The Development of Motion Control for Unmanned Ground Vehicle Navigation / A. Suwannakom, B. Wiengmoon, T. Tathawee // Proceedings of the International MultiConference of

- Engineers and Computer Scientists (IMECS 2016). - 2016. - Vol II. – P. 630-633
6. Bangar P. Y. Design and implementation of next generation Smart car / P. Y. Bangar, S. B. Pacharne, S. S. Kabade, and Prachi R. Rajarapollu // Proceedings of the International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT). - 2016. - P. 508 – 512
 7. Zhou Y. The Prospect of Smart Cars: Intelligent Structure and Human-machine Interaction /Y. Zhou, G. Xu, F. Qin, K. Xu, G. Wang, Y. Ou, Guilin, Lin and Q. Zhang // Proceedings of the International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO). – 2013.- P..1899-1904
 8. Vehicle control unit based on radio communication [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20170329&CC=CN&NR=206049553U&KC=U%23#
 9. Automatic system of vehicle movement control [Online]. Available: <http://library.uipv.org/document?fund=%202&id=219571>
 10. Vaidya A. Design and Implementation of Intelligent Vehicle System based on ARM Cortex / A. Vaidya, M. T. Kolte // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering 2015. -Vol. 4, Issue 6.- P.223-225
 11. Radio controlled car APP platform race system [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20170426&CC=CN&NR=106600433A&KC=A#
 12. Automated system of the transport network working body control using radio control. [Online]. Available: http://library.uipv.org/document?fund=2&id=126978&to_fund=2
 13. Parkhomenko A. Reusable Solutions for Embedded Systems' Design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Sokolyanskii, V. Shepelenko, Y. Zalyubovskiy // Proceedings of the International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016). – 2016. - P.313-317
 14. Parkhomenko A.V. Virtual Tools and Collaborative Working Environment in Embedded System Design/ A.V. Parkhomenko, O.N.Gladkova // Proceedings of the XI International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014). - 2014. - P. 91-93.
 15. Parkhomenko A. Modernization of Mobile Object Control System based on Raspberry Pi and Arduino platforms / A. Parkhomenko, O. Kravchenko, D. Kravchenko, O. Gladkova // Proceedings of the International Symposium on Embedded Systems and Trends in Teaching Engineering. - 2016. - P.249-253
 16. Modernization of the central control panel of the FPV AUTO system / A.V.Parkhomenko, O.P.Kravchenko // Proceedings of the VIII International scientific and practical conference Modern problems and achievements in the field of radio engineering, telecommunications and information technologies. - 2016. - C. 293-295
 17. MSU Video Quality Measurement Tool [Online]. Available: http://www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html

Пархоменко А.В., Гладкова О.Н., Кравченко А.П., Кравченко Д.П. Исследование и разработка автоматизированной системы удаленного управления группой подвижных объектов.

В статье рассмотрены вопросы исследования и разработки микроконтроллерной системы удаленного управления подвижными объектами. Представлены архитектура системы, принципы ее функционирования и контроля. Выполнен сравнительный анализ нескольких вариантов реализации системы на основе готовых программно-аппаратных платформ (Arduino, Raspberry Pi), а также собственных спроектированных модулей реализации. Исследовано влияние конструктивной реализации на метрики качества системы.

Ключевые слова: подвижный объект, программно-аппаратная платформа, микроконтроллер, эффект присутствия, центральный блок управления, метрики качества.

Parkhomenko A.V., Gladkova O.M., Kravchenko O.P., Kravchenko D.P. Research&Development of automated system for moving objects group remote control

The objectives of this work were research and development of the microcontroller system for several mobile objects remote control. The architecture of the system and the principles of its functioning are presented. A comparative analysis of several options for system implementation based on the ready software/hardware platforms (Arduino, Raspberry Pi), as well as own designed modules is given. The developed system is equipped with a central control block, operator stations and moving objects. Live status of the object's current position, speed, battery status etc. can be viewed from the central control block. The effect of user's presence inside moving object is created. The proposed constructive implementation allowed improving of the system's quality metrics, such as action radius, cost price, energy consumption and quality of video stream to operator video-glasses. The developed control algorithm ensures reliable operation of the system and allows using it in various areas of human activity.

Key words: moving object, hardware/ software platform, microcontroller, presence effect, central control block, quality metrics.

Пархоменко А.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: parhom@zntu.edu.ua

Гладкова О.М. – аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: gladolechka@gmail.com

Кравченко О.П. – студент магістратури кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: akravchenko312@gmail.com

Кравченко Д.П. – студент магістратури кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: dmitrykravchenko95@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Смолій В.М.**

Стаття подана 15.09.2017