

# АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ ДЛЯ ГРУППОВОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Волков А. В.<sup>1</sup>, Никифоров А. С.<sup>2</sup>, Чижов И. В.<sup>3</sup>, Гапанович Ю. А.<sup>4</sup>, Семенович А. С.<sup>4</sup>,  
Миранович Р. Б.<sup>4</sup>, Самардак Д. В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования, <sup>2</sup>кафедра биофизики, <sup>3</sup>кафедра физической электроники и нанотехнологий, <sup>4</sup>кафедра информатики и компьютерных систем, Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь

E-mail: andrei@cybergizer.com, sky92033@live.com, f\_kknopsikk@mail.ru, ura345710@gmail.com, alexser1999@gmail.com, h, roman.miranovich@gmail.com, samardak.dasha31@gmail.com

*В докладе представлен аналитический обзор существующих групповых минироботов. В результате выявлены и указаны достоинства и недостатки исследованных подходов. Предложена новая конструкция систем группового миниробота отвечающая требованиям модульности, вычислительной мощности, богатства аппаратной периферии.*

## ВВЕДЕНИЕ

Групповая, или роевая робототехника — это направление научных исследований в области достижения коллаборативного взаимодействия между автономными роботами в процессе решения поставленной задачи, выполнение которой не достижимо каждым из роботов в отдельности [1]. Исследования в данной области могут выполняться как с помощью имитационного моделирования коллективного поведения [2], так и с применением физических роботов [1]. Последний способ позволяет учитывать экспериментальные условия, которые могут быть упущены в симуляциях, что формирует особый интерес в научном сообществе к данному подходу. Особое распространение в академических исследованиях получили роботы относительно малых размеров (менее 7.5 на 7.5 см<sup>2</sup>, именуемые далее как минироботы) в связи с малыми размерами, относительной простотой реализации и дешевизной производства, что способствует проведению экспериментов для больших групп роботов (например, 1024 робота в случае Kilobot [3]). В настоящее время предложено множество платформ групповой робототехники [1]. Направление новых научных разработок сводится к преодолению недостатков разработанных решений, однако сопряжено с множеством трудностей рассматриваемых далее.

## I. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Локальная коммуникация рассматривается исследователями как основополагающая особенность робототехнических систем роевого взаимодействия [4]. Каждый агент взаимодействует только с соседними агентами и хранит лишь локально обретенную информацию. Большинство существующих минироботов используют инфракрасные (ИК) передатчики и приемники в силу того, что данный способ позволяет осуществлять локальный обмен сообщениями, а также идентифицировать близ расположенных роботов [1].

Недостатком ИК канала передачи данных является подверженность помехам, шумам и ошибкам, а также низкая скорость передачи данных.

Максимально возможные бортовые вычислительные возможности являются необходимым условием для запуска разного рода алгоритмов коллективного поведения в режиме реального времени. Однако большинство существующих минироботов (например, [3, 5, 6]) построены на базе 8-битных микроконтроллеров, ограниченных в скорости обработки данных, количестве встроенных периферийных устройств и требующих дополнительных вычислительных циклов для простейших операций таких как умножение в сравнении с 32-битными микроконтроллерами.

Множество существующих минироботов характеризуются отсутствием модульности, что затрудняет последующее обновление аппаратного и программного обеспечения, а также препятствует проведению исследований в широком спектре экспериментальных условий. Использование платы выполняющей роль бортового компьютера и связующей все остальные модули миниробота посредством последовательных интерфейсов (таких как I<sup>2</sup>C) способствует преодолению данного недостатка.

Некоторые групповые минироботы, такие как TinyTeRP [7] и Kilobot [3] способны измерять лишь расстояние до близрасположенного миниробота и не способны определять азимутальное направление к нему, что ограничивает спектр сценариев коллективного поведения и значительно усложняет сами алгоритмы группового взаимодействия.

Целью настоящей работы является разработка модулей для групповых минироботов, призванных устранить выявленные недостатки. Разработанный подход должен поддерживать модульный принцип построения аппаратного обеспечения робота, удовлетворять требованиям вычислительной эффективности, обеспечивать воз-

возможность эффективной беспроводной коммуникации с соседними минироботами.

## II. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД

### Модуль обработки данных и коммуникации

Модуль обработки данных и коммуникации (МОДК) является центральным звеном в предлагаемой архитектуре миниробота, обеспечивая подключение систем робота по интерфейсам I<sup>2</sup>C, SPI. Тип микроконтроллера (тактовая частота, архитектура, встроенная периферия такая как аналогово-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь и т. д.) определяют типы пригодных к применению датчиков на минироботе. Принимая во внимание данные аспекты, в качестве МОДК выбрана система на кристалле ESP32 [8]. Альтернативой для ESP32, выступает система на кристалле ESP8266 [8], которая может быть использована в задачах требующих меньшей вычислительной мощности, а также меньшего встроенной периферии. Для реализации беспроводного обмена сообщениями выбрана библиотека построения mesh-сети painlessMesh [9] с поддержкой микросхем ESP32/ESP8266.

### Модуль обнаружения соседа

Для реализации принципа локальной коммуникации, каждый миниробот должен знать идентификаторы соседних минироботов, что позволяет их адресацию в mesh-сети. Для определения соседних роботов разработан ИК модуль представленный на рис. 1.

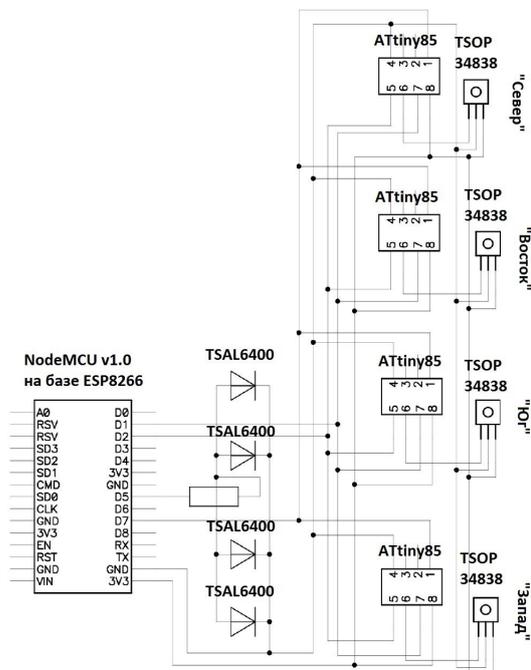


Рис. 1 – Принципиальная схема модуля обнаружения соседа

Передача идентификационного номера осуществляется по NEC протоколу (частота несущей 38 кГц). При этом используется ИК диод TSAL6400 подключенный к цифровому выводу. Для приема модулированного ИК сигнала ис-

пользуются фотоприемники TSOP34838 преобразующих принятый сигнал в цифровой. Микроконтроллер ATtiny85 осуществляет декодирование цифрового сигнала с сохранением значения в буфер. Приемники и передатчики размещены в направлениях "Север" "Юг" "Запад" "Восток" для обеспечения покрытия четырех сторон света (рис. 1). Использование четырех микроконтроллеров ATtiny85 позволяет вести прием ИК сигнала во всех направлениях одновременно. МОДК подключен к плате обработки данных и коммуникации по I<sup>2</sup>C интерфейсу. Вынесение обработки принимаемого ИК сигнала в отдельную систему позволяет снять данного рода вычислительную нагрузку с МОДК и обеспечить модульность.

## III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен модуль обработки данных и коммуникации на базе системы на кристалле ESP32. Возможность локальной коммуникации обеспечивается посредством передачи данных по mesh-сети. Направления будущих исследований включают разработку исполнительных устройств (таких как модуль передвижения) и модулей сбора сенсорной информации, а также совершенствование разработанного модуля обнаружения ближайших соседей.

*Работа поддержана фондом «Science Around Us Foundation» (Лондон).*

## IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hamann, H.: Swarm Robotics: A Formal Approach. Springer (2018)
2. Pinciroli, C., Trianni, V., O'Grady, R., Pini, G., Brutschy, A., Brambilla, M., et al. (2012). ARGoS: A modular, parallel, multi-engine simulator for multi-robot systems. Swarm Intelligence, 6(4), 271–295. ISSN 1935-3812.
3. Rubenstein, Michael, et al. "Kilobot: A low cost robot with scalable operations designed for collective behaviors." Robotics and Autonomous Systems 62.7 (2014): 966-975.
4. Brambilla, M., Ferrante, E., Birattari, M., & Dorigo, M. (2013). Swarm robotics: A review from the swarm engineering perspective. Swarm Intelligence, 7(1), 1–41. ISSN 1935-3812.
5. S. Yim and S. Kim, "Origami-Inspired Printable Tele-Micromanipulation System," IEEE Int. Conf. on Robot. and Autom., Seattle, WA, 2015, pp. 2704–2709.
6. F. Arvin, J. Murray, C. Zhang, and S. Yue, "Colias: An autonomous micro robot for swarm robotic applications," Int. J. Adv. Robot. Syst., vol. 11, no. 1, 2014.
7. A. P. Sabelhaus, D. Mirsky, L. M. Hill, N. C. Martins, and S. Bergbreiter, "TinyTeRP: A Tiny Terrestrial Robotic Platform with Modular Sensing," IEEE Int. Conf. on Robot. and Autom., Karlsruhe, Germany, 2013, pp. 2600–2605.
8. A. Maier, A. Sharp and Y. Vagapov, "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things," 2017 Internet Technologies and Applications (ITA), Wrexham, 2017, pp. 143-148.
9. PainlessMesh [Electronic resource] Mode of access: <https://gitlab.com/painlessMesh/painlessMesh>. Date of access: 25.09.2018.