

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 004.3

Разработка архитектуры автономно управляемого роя роботов

Е. В. Фалеева¹, Р. А. Ещенко¹, Е. В. Зверева², Т. В. Бажеко¹

¹ Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Россия, 680021, Хабаровск, ул. Серышева, 47

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Фалеева Е. В., Ещенко Р. А., Зверева Е. В., Бажеко Т. В. Разработка архитектуры автономно управляемого роя роботов // Бюллетень результатов научных исследований. 2024. Вып. 3. С. 154–169. DOI: 10.20295/2223-9987-2024-03-154-169

Аннотация

Цель: разработать архитектуру инновационной системы автономного роя роботов для эффективного исследования задымленных помещений в чрезвычайных ситуациях. Проблема задымленных помещений актуальна в контексте чрезвычайных ситуаций, таких как пожары и аварии, где ограниченная видимость затрудняет спасательные операции. Применение передовых технологий, включая искусственный интеллект и инновационные методы, может существенно улучшить эффективность и безопасность исследований в таких условиях. Перспективное направление развития этой сферы заключается в использовании искусственного интеллекта для улучшения координации и автономности роботов, что позволит повысить точность и скорость выполнения задач. Для проектируемой системы включена возможность использования автономных роботов с высокочувствительными сенсорами и датчиками для навигации в условиях ограниченной видимости, а также их способностью к самоуправляемой координации. **Методы:** сравнение существующих методов исследования задымленных помещений, а также существующих типов роботов. Сравнение основных типов сенсоров и датчиков, применяемых для навигации в условиях ограниченной видимости. **Результаты:** выбран тип робота, наиболее удовлетворяющий по характеристикам для разрабатываемой автоматизированной системы, максимально эффективно выполняющий функции исследования задымленных помещений. Разработана архитектура робота. Представлена схема взаимодействия задач управления роботом. **Практическая значимость:** разработана архитектура робота и схема взаимодействия задач управления роботом. Представлен программный код для обеспечения функционирования и управления роботами, предложена модульная архитектура робота, учитывающая адаптацию и гибкое изменение системы под различные условия ограниченной видимости, возникающие в спасательных и поисковых операциях. Разрабатываемая модель включает автономных роботов, способных производить навигацию, обнаруживать препятствия, собирать данные о состоянии помещения и обеспечивать взаимодействие для координированного исследования.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, задымленное помещение, рой роботов, дроны, робототехника, системы навигации, сенсоры, датчики

Введение

Задымленные помещения представляют собой серьезную угрозу для жизни и здоровья человека, а также создают трудности при проведении операций по тушению пожара и спасению людей. Данная проблема особенно актуальна в контексте чрезвычайных ситуаций, таких как пожары, взрывы и аварии с выбросом опасных веществ.

В проблеме задымленных помещений можно выделить несколько критических аспектов. Одной из ключевых проблем является снижение видимости из-за плотного дыма. Свойства дыма, приводящие к формированию мутного и туманного окружения, усложняют ориентацию и навигацию внутри помещения, повышая риск потери пути к выходу и затрудняя эвакуацию пострадавших, что может привести к травмам, потере жизней и усугублению ситуации.

Второй аспект исследуемой проблемы связан с токсическими свойствами дыма. В результате горения выделяются различные вредные вещества, такие как угарный газ, оксиды азота, тяжелые металлы и другие токсины. Вдыхание этих веществ может привести к разнообразным заболеваниям, включая поражения дыхательной системы, отравления токсинами, что в итоге может привести к смерти.

Третий аспект проблемы связан со сложностями при проведении операций по тушению пожаров и поиску пострадавших. Плотный дым создает препятствия для пожарных и спасателей, снижая эффективность их действий и затрудняя поисково-спасательные операции, что увеличивает риски для находящихся в зоне чрезвычайной ситуации людей.

Решение проблемы задымленных помещений требует комплексного подхода, который включает в себя исследование и разработку эффективных методов по предотвращению пожаров и повышению осведомленности населения о правилах безопасности в условиях чрезвычайных ситуаций. Одним из возможных путей решения является использование роботизированной платформы — роя роботов при проведении операций пожаротушения в задымленных помещениях, что позволит повысить эффективность и обеспечить безопасность проводимых спасательных мероприятий. Под понятием «роботизированная платформа» следует понимать робототехническое устройство, конструктивно построенное на основе мобильной платформы.

Анализ проблемы задымленных помещений

Качественный анализ эффективности методов исследования задымленных помещений играет ключевую роль для обеспечения безопасности людей и успешной реализации спасательных операций в условиях чрезвычайных ситуаций. Методы исследования должны соответствовать условиям повышенной сложности, обусловленным задымлением, обеспечивать эффективность и своевременность действий при проведении спасательных операций. Ниже приведены основные требования к эффективности методов исследования задымленных помещений:

1. **Безопасность.** Методы исследования должны обеспечивать безопасность для проводящих спасательные операции людей. Данный аспект включает в себя минимизацию рисков от воздействия токсичных веществ, находящихся в дыме, и предотвращение травматизации при проведении исследовательских мероприятий.

2. **Навигация в условиях низкой видимости.** Методы должны обеспечивать навигацию в условиях низкой видимости, таких как плотное задымление, что может включать в себя использование сенсоров, радиолокационных систем, лидаров и других технологий для определения местоположения и обнаружения препятствий.

3. **Обнаружение препятствий и пострадавших людей.** Методы исследования должны быть способными определять препятствия и наличие пострадавших в условиях ограниченной видимости, что позволит повысить эффективность проводимых поисково-спасательных операций.

4. **Автономность.** В контексте чрезвычайных ситуаций необходимо обеспечить автономное функционирование системы без постоянного участия оператора, гарантируя оперативное реагирование в рамках непредсказуемо изменяющейся ситуации.

5. **Устойчивость к воздействию вредных веществ.** Методы исследования должны быть устойчивыми к воздействию токсичных веществ, содержащихся в дыме. Данный аспект является критически важным для обеспечения долговременной работы в условиях загрязнённого опасными химическими соединениями воздуха.

6. **Интеграция с системами мониторинга и управления.** Методы исследования должны быть интегрированы с системами мониторинга и управления чрезвычайными ситуациями, позволяя операторам эффективно координировать действия и получать актуальную информацию о проводимой операции.

7. **Гибкость и применимость в различных сценариях.** Методы исследования должны гарантировать гибкость и применимость в разнообразных сценариях, вне зависимости от размеров и форм помещения, в котором проводится операция, а также в условиях с различным уровнем задымления и при различных угрозах.

Выполнение этих требований является критически важным при разработке методов исследования, способных эффективно справляться с условиями повышенной сложности в задымленных помещениях и обеспечивать высокий уровень безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Современные технологии робототехники

Современные технологии робототехники нашли широкое применение в аварийных ситуациях, предоставляя эффективные инструменты для проведения сложных операций [1]. В чрезвычайных ситуациях автономные роботы, оснащенные

современными сенсорами и системами навигации, становятся неотъемлемым элементом при проведении исследовательских и спасательных операций. Именно способность роботов проникать в опасные зоны, такие как обрушившиеся здания или помещения после пожара, для сбора ценной информации без угрозы для жизни человека и делает их незаменимым элементом при проведении поисково-спасательных операций.

Помимо исследовательских функций, автономные роботы предоставляют эффективные средства для эвакуации и транспортировки необходимых ресурсов из зоны проведения операции в безопасные места. Специализированные роботы, способные дезактивировать взрывчатые устройства или обезвредить опасные предметы, снижают риски для спасателей и повышают общую безопасность при проведении операций.

Технологии робототехники также применяются в сфере мониторинга и анализа опасных ситуаций. Дроны и роботы, оснащенные видеосистемами, предоставляют операторам подробные изображения как с высоты, так и с нулевого уровня. Использование технологий искусственного интеллекта способствует более точному и эффективному анализу данных, что помогает операторам принимать оптимальные решения в ситуациях, требующих быстрого реагирования.

Востребованным направлением является создание специализированных роботов, предназначенных для работы в условиях повышенной сложности, таких как исследование задымленных помещений или функционирование в водных средах. Данные роботы разработаны с учетом требований эффективной работы в условиях ограниченной видимости, высокой концентрации токсичных газов или на водной поверхности.

Беспилотные системы управления и системы реального времени обеспечивают надежную связь и передачу данных между роботами и операторами, создавая эффективное координирование и управление в чрезвычайных ситуациях.

Таким образом, современные технологии робототехники становятся неотъемлемым звеном в обеспечении безопасности и оперативного реагирования в условиях аварийных ситуаций, повышая эффективность проводимых операций и минимизируя возникающие риски для жизни и здоровья человека.

В результате проведенного на основе анализа литературных источников [1] исследования предметной области были выделены основные методы исследования задымленных помещений:

1. Визуальные методы

Описание:

Визуальные методы включают в себя использование человеческого зрения для исследования задымленных помещений. Данные методы могут включать в себя осмотр и изучение помещения с помощью фонарей или других источников света.

Преимущества:

- относительная простота и доступность;
- возможность быстрого обзора помещения для выявления препятствий и пострадавших.

Недостатки:

- ограниченность в условиях низкой видимости, что затрудняет эффективное исследование задымленных помещений;
- высокая зависимость от источников света, которые могут оказаться недоступными или выведенными из строя.

Ограничения:

- неэффективны в условиях высокой концентрации дыма;
- требуют обученных операторов для проведения исследования.

2. Использование ручных датчиков и приборов

Описание:

Данный метод включает в себя использование ручных датчиков и приборов, таких как газоанализаторы и термометры, используемые для измерения уровней токсичных газов и температуры в задымленных помещениях.

Преимущества:

- доступность и простота использования;
- возможность измерения уровней токсичных газов и температуры в помещении.

Недостатки:

- ограниченная мобильность и дальность действия;
- риск для оператора при исследовании опасных зон.

Ограничения:

- трудности в точной локализации и обнаружении препятствий;
- ограниченные возможности автономной работы.

3. Использование автономных роботов

Описание:

Данный метод включает в себя использование автономных роботов для исследования и сбора данных в условиях задымленных помещений. Роботы оборудованы сенсорами, камерами и прочей технической аппаратурой для автономной навигации и сбора информации.

Преимущества:

- эффективное исследование в условиях низкой видимости и плотного задымления;
- мобильность и возможность проникновения в труднодоступные зоны.

Недостатки:

- высокие затраты на разработку и внедрение;
- необходимость в тщательной программной и аппаратной подготовке.

Ограничения:

– ограниченность в восприятии окружающей среды в условиях высокой концентрации токсичных газов;

– ограниченные возможности для физического взаимодействия с окружающим пространством.

Каждый из описанных методов исследования задымленных помещений имеет ряд преимуществ, недостатков и ограничений. Перспективным направлением развития данной сферы является интеграция технологий виртуальной и дополненной реальности, а также использование искусственного интеллекта для улучшения эффективности и безопасности исследования в условиях чрезвычайных ситуаций. С учетом рисков и ограничений существующих методов интеграция технологий автономных роботов является наиболее перспективным решением. Несмотря на высокие затраты на разработку, они позволяют обеспечить эффективное и безопасное исследование в условиях ограниченной видимости и наличия в окружающей среде токсичных веществ. Непрерывное развитие и совершенствование технологий робототехники открывает перспективы для существенного улучшения возможностей реагирования на чрезвычайные ситуации в условиях задымленных помещений, что способствует повышению эффективности проводимых операций.

Методология. Выбор типа роботов и их характеристики

Проектирование роя роботов для эффективного исследования задымленных помещений требует тщательного выбора типов роботов и определения их характеристик с учетом особенностей среды и поставленных перед разработкой задач. Ниже рассмотрены основные аспекты этого процесса.

Выбор типа роботов:

1. Роботы для исследования

Характеристики

Сенсоры: камеры, термальные и газоанализаторы для обнаружения препятствий и оценки состояния воздуха.

Навигация: системы локализации и маршрутизации для навигации в сложных условиях.

Автономность: способность принимать решения и адаптироваться к переменным условиям.

2. Роботы для поиска и спасения

Характеристики

Грузоподъемность: достаточная для поднятия и транспортировки пострадавших.

Гибкость: механизмы для маневрирования в сложных условиях помещения.

Датчики жизненных признаков: способность обнаруживать и помогать пострадавшим.

3. Роботы с видеосистемами

Характеристики

Камеры: видеокамеры с высоким разрешением для передачи детальных изображений.

Трансляция в реальном времени: системы связи для оперативной передачи видеоинформации.

Автономность — способность проводить исследование, основываясь на визуальных данных.

В соответствии с поставленными целями и задачами запланирована разработка роботов для проведения исследований.

Проектирование роя роботов для исследования задымленных помещений должно учитывать следующие ключевые характеристики:

1. Координация и системы управления — разработка механизмов координации между роботами в рое для оптимального выполнения задач в условиях ограниченной видимости.

2. Автономность и алгоритмы обучения — интеграция алгоритмов обучения, обеспечивающих роботам способность адаптироваться к переменным условиям и динамическим сценариям в режиме реального времени.

3. Интеграция сенсоров и навигационных систем — разработка сенсорных систем, способных обеспечивать полноценное восприятие окружающей среды, а также точных навигационных систем для устойчивого перемещения в условиях ограниченной видимости.

4. Энергетическая эффективность и источники питания — исследование и внедрение энергосберегающих технологий и эффективных источников питания для продления времени автономной работы роботов в условиях аварийных ситуаций.

5. Анализ использования сенсоров и датчиков для навигации в условиях задымления — в контексте исследования задымленных помещений эффективная навигация роботов играет ключевую роль, а использование современных сенсоров и датчиков становится критически важным для обеспечения их функциональности.

Ниже рассмотрены основные типы сенсоров и датчиков, применяемых для навигации в условиях задымления.

1. Инфракрасные (ИК) сенсоры

Принцип работы: ИК-сенсоры измеряют инфракрасное излучение, позволяя роботам «видеть» тепловые контрасты в условиях низкой видимости, характерных для задымленных помещений.

Преимущества: способность обнаруживать объекты на основе тепловых различий, что особенно полезно в условиях отсутствия видимости.

2. Термальные камеры

Принцип работы: термальные камеры регистрируют инфракрасное излучение, создавая изображение на основе различий в температуре поверхностей.

Преимущества: критически важная способность обнаруживать и визуализировать тепловые источники, такие как люди или электронные устройства, даже в условиях плотного задымления.

3. Лазерные дальномеры

Принцип работы: лазерные дальномеры используют лазерный луч для измерения расстояния до объектов и создания карты окружающей среды.

Преимущества: точное измерение расстояний даже в условиях ограниченной видимости, что обеспечивает более эффективную навигацию.

4. Ультразвуковые датчики

Принцип работы: ультразвуковые датчики измеряют время, за которое звуковой сигнал отражается от препятствия, что позволяет определить расстояние до объекта.

Преимущества: работают в широком диапазоне условий и способны обнаруживать препятствия, даже если они не видны.

Для навигации роботов были выбраны ультразвуковые датчики, исходя из их преимуществ, а именно способности работы в широком диапазоне условий внешней среды.

Микроконтроллеры Arduino обладают крайне важным для построения роботизированных платформ качеством — модульностью, что означает возможность построения широкого спектра робототехнических устройств благодаря совместимости со всевозможными модулями датчиков.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия датчиков.

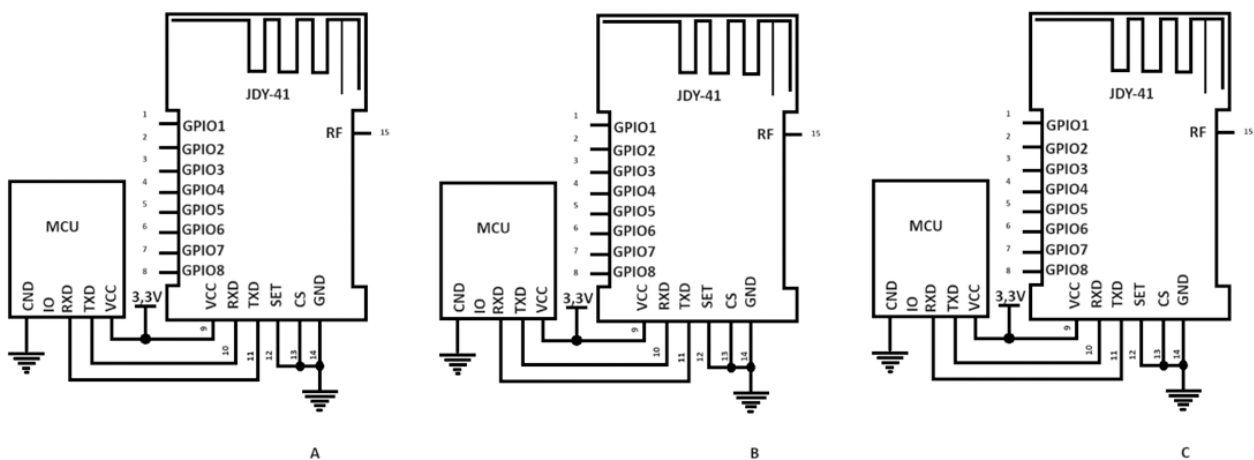


Рис. 1. Схема взаимодействия датчиков

Код для взаимодействия роботов:

Описанный ниже программный код представляет собой скетч для платформы Arduino, использующий протокол ESP-NOW для обмена данными между устройствами на базе ESP8266 или ESP32.

На листинге 1 представлен фрагмент кода, в котором происходит подключение библиотек, необходимых для работы с WiFi, протоколом ESP-now, Json-объектами и стэком.

Листинг 1 — импортирование библиотек

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>
#include <esp_wifi.h> // only for esp_wifi_set_channel()
#include <ArduinoJson.h>
#include <StackArray.h>
```

На листинге 2 представлен фрагмент кода, обеспечивающий точку входа в программу. В начале работы программы происходит настройка скорости прослушивания serial-интерфейса, выделяется память для хранения mac-адреса устройства, к которому нужно обеспечить подключение, выбирается режим работы WiFi — точка доступа, задается наименование сети WiFi, устанавливается канал, вызывается функция инициализации протокола ESP-now и регистрируются функции-коллбеки для получения и отправления сообщения.

Листинг 2 — точка входа в программу

```
void setup() {
// Обнуляем структуру
microController memset(&microController, 0, sizeof(microController));
// Инициализируем последовательный порт со скоростью 4800 бод
Serial begin(4800);
// Устанавливаем режим WiFi в режим точки доступа (AP)
WiFi.mode(WIFI_AP);
String separator = " ";
// Устанавливаем SSID для точки доступа, добавляя MAC-адрес
WiFi.softAP(AP_SSID + separator + WiFi.macAddress());
// Устанавливаем канал для WiFi
esp_wifi_set_channel(CHANNEL, WIFI_SECOND_CHAN_NONE);
// Инициализируем ESP-NOW InitESPNow();
// Регистрируем callback-функцию для отправки данных
esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
// Регистрируем callback-функцию для получения данных
esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
}
```

На листинге 3 представлен основной цикл работы программы. В нем программа ожидает команды на получение и отправку сообщений. В случае отправки сообщения оно разделяется на фрагменты и затем отправляется. В случае получения сообщения при очередном полученном фрагменте он соединяется с предыдущим, пока сообщение не будет восстановлено полностью.

Листинг 3 — основной цикл программы

```
void loop() {
  // Проверяем, слушаем ли команду
  if (LISTEN_TO_COMMAND) {
    // Если данные доступны в последовательном порту
    if (Serial.available() > 0) {
      Serial.println("Waiting for command...");
      // Читаем команду из последовательного порта
      String command = Serial.readStringUntil('\n');
      command.trim();
      // Выполняем команду
      executeCommand(command);
    }
  } else {
    // Если ESP-NOW не инициализирован
    if (!ESP_NOW_INITED) {
      InitESPNow();
      // Если после попытки инициализации ESP-NOW не инициализирован,
      перезагружаем устройство
      if (!ESP_NOW_INITED) {
        ESP.restart();
      }
    }
    // Если сообщение полностью восстановлено
    if (msg_fully_restored) {
      Serial.print("RESTORED MSG: "); Serial.println(restored_message);
      restored_message = "";
      msg_fully_restored = false;
      LISTEN_TO_COMMAND = true;
    }
    // Если стек пакетов не пуст
    if (!packet_stack.isEmpty()) {
      // Восстанавливаем сообщение из пакетов
      restoreMessageFromPackets();
    }
  }
}
```

```
// Если контроллер находится на правильном канале
if (microController.channel == CHANNEL) {
    SCAN_RETRY_COUNT = 0;
    // Управляем процессом соединения
    bool isPaired = manage();
    if (isPaired) {
        // Если данные готовы для отправки
        if (DATA_READY) {
            // Если это первая попытка отправки
            if (SEND_RETRY_COUNT == 0) {
                // Если еще есть пакеты для отправки
                if (CURRENT_PACKET_TO_SEND + 1 <=
PACKETS_TO_SEND_COUNT) {
                    // Отправляем текущий пакет
                    sendData(slices[CURRENT_PACKET_TO_SEND]);
                } else {
                    // Если все пакеты отправлены
                    CURRENT_PACKET_TO_SEND = 0;
                    PACKETS_TO_SEND_COUNT = 0;
                    Serial.println("ALL PACKET SENT!");
                    LISTEN_TO_COMMAND = true;
                }
            } else {
                // Если достигнут предел попыток отправки
                if (SEND_RETRY_COUNT >= SEARCHRETRY) {
                    Serial.print("Sending slice failed on");
                    Serial.print(SEND_RETRY_COUNT); Serial.println("retries...");
                    SEND_RETRY_COUNT = 0;
                    CURRENT_PACKET_TO_SEND = 0;
                    memset(&microController, 0, sizeof(microController));
                }
                // Повторяем попытку отправки текущего пакета
                Serial.print("Retrying sending slice [");
                Serial.print(SEND_RETRY_COUNT); Serial.print("/");
                Serial.print(SEARCHRETRY); Serial.println("]...");
                sendData(slices[CURRENT_PACKET_TO_SEND]);
            }
        } else {
            Serial.println("Data was not ready...");
        }
    }
}
```

```
    } else {  
        Serial.println("pair failed!");  
        memset(&microController, 0, sizeof(microController));  
    }  
} else {  
    Serial.print("Trying to find a ESP-device Retry:");  
    Serial.println(SCAN_RETRY_COUNT);  
    // Сканируем на наличие устройств ESP  
    Scan();  
    SCAN_RETRY_COUNT++;  
}  
}  
// Задержка 2500 мс  
delay(2500);  
}
```

Разработка архитектуры робота

В результате проведенных тестов и анализов было принято стратегическое решение, заключающееся в первую очередь в структурном разделении робота на функциональные модули или блоки. Кроме того, для эффективного распределения задач управления между различными модулями предпочтение было отдано использованию двух микроконтроллеров, взаимодействующих между собой посредством высокоскоростной шины данных в режиме master/slave.

Организация «общения» между роботами осуществляется при помощи аппаратного модуля связи ESP32-S3, входящего в состав архитектуры микроконтроллера ESP32 и разработанного программного алгоритма. Алгоритм также занимается задачей организации маршрутизации между «роем роботов», реализуя проприетарный протокол маршрутизации.

Концептуальная схема представлена на рис. 2.

Разработанная иерархия обладает несколькими преимуществами, такими как быстрый отклик на изменяющиеся условия и гибкая система энергопотребления, позволяющая эффективно адаптироваться к различным рабочим режимам.

Одним из ключевых достоинств данной системы является ее модульность, обеспечивающая простоту замены отдельного блока на более усовершенствованный. Данное свойство обеспечивает возможность обновления и улучшения отдельных компонентов робота без необходимости полной переработки системы.

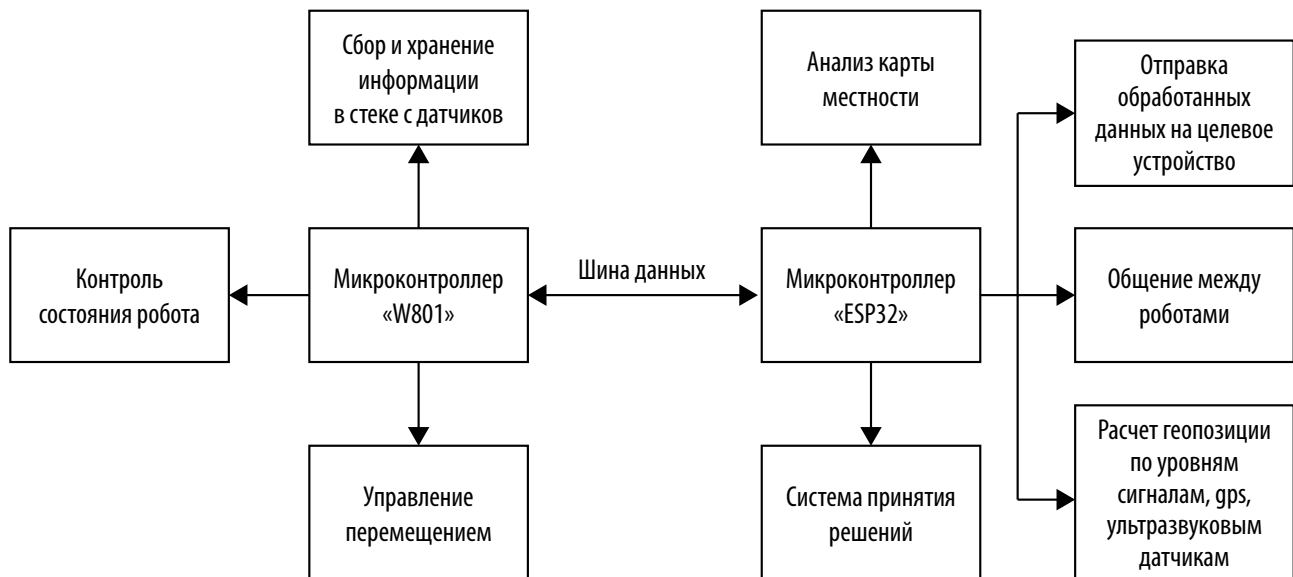


Рис. 2. Схема взаимодействия задач управления роботом

Заключение

Результат проведенного исследования направлен на повышение безопасности и эффективности спасательных и поисковых операций в условиях ограниченной видимости и наличия в окружающей среде токсичных веществ. Разрабатываемая система включает в себя автономных роботов, способных производить навигацию, обнаруживать препятствия, собирать данные о состоянии помещения и обеспечивать взаимодействие для координированного исследования. Основной упор в рамках осуществляемой разработки делается на гибкость системы, адаптацию к различным сценариям и интеграцию передовых технологий в области робототехники и сенсорной системы. Результатом исследования ожидается существенное улучшение методов анализа и реагирования на чрезвычайные ситуации в задымленных помещениях, что в итоге приведет к повышению уровня безопасности и эффективности операций спасения.

Библиографический список

1. Raffo J. D., Wunsch-Vincent S. Keisner A. Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property // Foresight and STI Governance. 2016. Vol. 10, no 2. P. 7–27. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.2.7.27.
2. Барсегян А. Р., Костерин И. В., Шарабанова И. Ю. Способ обнаружения задымления по изменению геометрических характеристик оптически прозрачной среды в помещении // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2018. № 3 (55). С. 94–99.
3. Кицак А. И. Двухканальный оптический дымовой извещатель // Доклады БГУИР. 2014. № 6 (84). С. 101–103.

4. Результаты экспериментальных исследований в области раннего и сверхраннего обнаружения пожара в судовых помещениях / С. В. Ковальчук [и др.] // Труды Крыловского государственного научного центра. 2017. № 3 (381). С. 68–74.

5. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / пер. с англ. К. Г. Бомштейна; под ред. Ю. А. Кошмарова, В. Е. Макарова. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.

6. Кирпиченко Ю. Р., Курячий М. И., Пустынский И. Н. Видеоинформационные системы наблюдения и контроля при сложных условиях видимости // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 2 (26). С. 105–110.

7. Волков В. Г. Активно-импульсные ПНВ и тепловизионные приборы. Анализ возможностей применения // Фотоника. 2007. № 4. С. 24–28.

8. Суриков А. В., Петухов В. О., Горобец В. А. Основные методы и устройства, применяемые и перспективные для улучшения видимости при ЧС // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2011. № 1 (29). С. 59–65.

9. Роботы-помощники на пожарах: обеспечение безопасности и спасение. URL: https://airobotic.ru/robototekhnicheskie-proekty/proekty_po_sozdaniyu_robotov-pomoschnikov_vo_vremja_pozharov-_bezopasnost_i_spasenie/ (дата обращения: 07.02.2024).

Дата поступления: 20.06.2024

Решение о публикации: 12.08.2024

Контактная информация:

ФАЛЕЕВА Елена Валерьевна — канд. техн. наук, доцент; elena_ha2004@mail.ru

ЕШЕНКО Роман Анатольевич — канд. техн. наук; era99@yandex.ru

ЗВЕРЕВА Елена Валерьевна — канд. экон. наук, доцент; zverelv@mail.ru

БАЖЕКО Тимофей Викторович — студент; bav.tim@mail.ru

Development of an architecture for an autonomously controlled swarm of robots

E. V. Faleeva¹, R. A. Eshenko¹, E. V. Zvereva², T. V. Bazheko¹

¹ Far Eastern State Transport University, 47, Serysheva str, Khabarovsk, 680021, Russia

² Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Faleeva E. V., Eshenko R. A., Zvereva E. V., Bazheko T. V.* Development of an architecture for an autonomously controlled swarm of robots // Bulletin of scientific research results. 2024. Iss. 3. P. 154–169. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2024-03-154-169

Abstract

Purpose: to create an innovative architecture for an autonomously controlled swarm of robots for effective exploration of smoke-filled rooms in designated areas. The problem of smoke-filled premises is relevant during emergencies such as fires and accidents, where a limited incident makes rescue operations difficult. The use of advanced technologies, including artificial intelligence and innovative methods, can improve the efficiency and safety of research in such settings. A promising direction for the development of this area is the use of artificial intelligence to improve the coordination and autonomy of robots, which will increase the accuracy and speed of task completion. Determine the type of robot and the required characteristics of the designed system include limited autonomous robots with highly sensitive sensors and sensors for cost-effective navigation, as well as self-directed coordination capabilities. **Methods:** comparison of existing methods for studying smoke-filled rooms, as well as existing types. Comparison of the main types of sensors and sensors used for navigation in conditions of limited stability. **Results:** the type of robot was selected that is most suitable in terms of characteristics for the developed automated system, performing the functions of investigating smoke-filled rooms as efficiently as possible. The robot architecture has been developed. A diagram of the interaction of robot control tasks is presented. **Practical importance:** the architecture of the robot and the interaction scheme for robot control tasks have been developed. This software code for ensuring the safety and control of robots proposes a modular robot architecture, wide adaptation and flexible change of the system under different conditions, limited savings arising in rescue and search operations. The model being developed includes autonomous robots, methods for performing navigation, detecting obstacles, collecting data on the state of premises and ensuring interaction for coordinated research.

Keywords: emergency, smoky room, swarm of robots, drones, robotics, navigation systems, sensors

References

1. Raffo J. D., Wunsch-Vincent S. Keisner A. Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property // Foresight and STI Governance. 2016. Vol. 10, no 2. P. 7–27. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.2.7.27.
2. Barsegyan A. R., Kosterin I. V., Sharabanova I. Yu. Sposob obnaruzheniya zadymleniya po izmeneniyu geometricheskikh harakteristik opticheski prozrachnoj sredy v pomeshhenii // Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie. 2018. № 3 (55). S. 94–99. (In Russian)
3. Kiczak A. I. Dvuhkanal'nyj opticheskij dymovoj izveshhatel' // Doklady BGUIR. 2014. № 6 (84). S. 101–103. (In Russian)
4. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij v oblasti rannego i sverhrannego obnaruzheniya pozhara v sudovyh pomeshheniyah / S. V. Koval'chuk [i dr.] // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra. 2017. № 3 (381). S. 68–74. (In Russian)
5. Drajzdej D. Vvedenie v dinamiku pozharov / per. s angl. K. G. Bomshtejna; pod red. Yu. A. Koshmarova, V. E. Makarova. M.: Strojizdat, 1990. 424 s. (In Russian)
6. Kirpichenko Yu. R., Kuryachij M. I., Pustynskij I. N. Videoinformacionnye sistemy nablyudeniya i kontrolya pri slozhnyh usloviyah vidimosti // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. 2012. № 2 (26). S. 105–110. (In Russian)
7. Volkov V. G. Aktivno-impul'snye PNV i teplovizionnye pribory. Analiz vozmozhnostej primeneniya // Fotonika. 2007. № 4. S. 24–28. (In Russian)
8. Surikov A. V., Petuhov V. O., Gorobecz V. A. Osnovnye metody i ustrojstva, primenyaemye i perspektivnye dlya uluchsheniya vidimosti pri ChS // Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. 2011. № 1 (29). S. 59–65. (In Russian)

9. Roboty-pomoshhniki na pozharah: obespechenie bezopasnosti i spasenie. URL: https://airobotic.ru/robototekhnicheskie-proekty/proekty_po_sozdaniyu_robotov-pomoschnikov_vo_vremja_pozharov-_bezopasnost_i_spasenie/ (data obrashheniya: 07.02.2024). (In Russian)

Received: 20.06.2024

Accepted: 12.08.2024

Author's information:

Elena V. FALEEVA — PhD in Engineering, Associate Professor; elena_ha2004@mail.ru

Roman A. ESHENKO — PhD in Engineering; era99@yandex.ru

Elena V. ZVEREVA — PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Management in Construction; zverelv@mail.ru

Timofey V. BAZHEKO — Student; bav.tim@mail.ru