

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»
ПО ПРОФИЛЮ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО»**

регистрационный номер

Секция:

Информационные технологии (ИУ7)

название секции

Система контроля и управления доступом для учебных заведений

название работы

Автор:

Власов Григорий Петрович

фамилия, имя, отчество

ГБОУ Школа 1080, 11А

наименование учебного заведения, класс

Научный руководитель:

Алференков Василий Юрьевич

фамилия, имя, отчество

ГБОУ Школа 1080

место работы

Учитель робототехники

звание, должность

подпись научного руководителя

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 21 с., 1 кн., 18 рис., 1 табл., 12 источн., 2 прил.

СКУД, УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, КОНТРОЛЬ ПОСЕЩАЕМОСТИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ИНТЕГРАЦИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, API, ЭЛЕКТРОННЫЙ ДНЕВНИК

Объектом исследования является система контроля и управления доступом (СКУД) учебного заведения.

Предмет исследования — система повышения безопасности и мониторинга учебных заведений

Цель проекта — создать работающий макет, который обеспечивает контроль доступа в УЗ и нужное помещение в нём в зависимости от расписания уроков по личной карте “Москвёнок”. Обеспечивает мониторинг перемещения и учёт посещаемости учащихся и персонала.

Методология проведения работы — анализ отчётов по безопасности в школах, сравнение аналогов, обобщение, проектирование СКУД, разработка и тестирование, внедрение и обучение, мониторинг и оптимизация, оценка.

Результат работы — успешно разработан макет системы, направленной на повышение уровня безопасности и эффективного мониторинга в учебных заведениях.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Актуальность.....	4
Цель проекта.....	4
Задачи проекта	4
1. ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП.....	6
1.1. Сбор и анализ информации об исследуемой проблеме.....	6
1.1.1. Анализ отчёта о показателях школьной преступности и безопасности	6
1.1.2. Анализ аналогов.....	6
1.2. Технического задания.....	9
2. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП.....	11
2.1. Авторизация пользователей.....	11
2.2. Проектирование прототипа	11
2.3. Программные модули	12
2.3.1. Серверное приложение.....	12
2.3.2. Дверной контроллер	14
3. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП.....	15
3.1. Перспективы развития проекта.....	15
3.2. Перспективы внедрения проекта в практику	15
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ А	17
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	18

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- СКУД – электронная система, предназначенная для управления доступом персонала или посетителей к определенным помещениям;
- Считыватель – устройство, предназначенное для считывания и идентификации электронных карточек, используемых в системе СКУД;
- Идентификация – процесс проверки личности пользователя на основе предоставленных данных;
- Интеграция систем – совмещение и взаимодействие системы СКУД с другими технологическими системами, такими как системы видеонаблюдения или учета посещаемости;
- Серверное приложение – программа, работающая на сервере;
- Развёртывание – установка и запуск программы;
- Дверной контроллер – система, встроенная в дверной замок, состоящая из: контроллера, двух считывателей и электромагнитного замка;
- Python3 – язык программирования

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

- СКУД – система контроля и управления доступом
- УЗ – учебное заведение
- МЭШ – московская электронная школа
- ПЗ – пояснительная записка
- ТЗ – техническое задание
- IDE – integrated development environment
- IDLE – integrated development and learning environment
- USB – universal serial bus
- RFID – radio frequency identification
- I2C – inter-integrated circuit (протокол)
- БД – база данных
- API – application program interface
- ОС – операционная система
- ПО – программное обеспечение

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

В последние годы заметно увеличилось количество инцидентов, связанных с кражей, насилием и проникновением в УЗ. Это создает угрозу для материальных ценностей, здоровья и жизни учащихся и персонала, а также может вызвать эмоциональное и психологическое воздействие. Именно поэтому, требуется обеспечить повышение безопасности на территории УЗ. Кроме того, данные меры позволят улучшить репутацию УЗ путём создания защищённой и контролируемой среды обучения.

Цель проекта

Создать работающий макет, который обеспечивает контроль доступа в УЗ и нужное помещение в нём в зависимости от расписания уроков по личной карте “Москвёнок”. Обеспечивает мониторинг перемещения и учёт посещаемости учащихся и персонала.

Задачи проекта

1. Изучить показатели безопасности УЗ;
2. Рассмотреть аналоги;
3. Разработать прототип и проанализировать его;
4. Спроектировать и разработать систему автоматизированного контроля доступа для помещений с использованием RFID-технологий;
5. Собрать макет;
6. Разработать серверное приложение для мониторинга и управления доступом учащихся, преподавателей и других сотрудников УЗ;
7. Интегрировать СКУД с базой данных УЗ, для автоматического обновления списка учащихся и сотрудников;
8. Разработать интерфейс приложения и web-сайта для учащихся и сотрудников, позволяющего им контролировать доступы и отслеживать посещаемость;
9. Внедрить функции оповещения в случае аварийных ситуаций, например, пожара;
10. Интегрировать систему с API электронного дневника УЗ для автоматического учёта отсутствия учащихся;
11. Оттестировать и оптимизировать СКУД, включая проверку на надежность, эффективность и безопасность в реальных условиях;

12. Обучить администраторов школы и персонала, ответственного за управление системой, использованию и обслуживанию СКУД;
13. Провести оценку результатов.

1. ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП

1.1. Сбор и анализ информации об исследуемой проблеме

Безопасность – это вопрос, который стоит на первом месте в списке приоритетов образовательных организаций. Все школы стремятся создать безопасную и защищенную среду для своих учащихся, учителей и персонала. Вмешательство посторонних лиц, кражи, вандализм и другие формы нежелательной деятельности могут создавать угрозу для безопасности и благополучия школьного сообщества. Поэтому СКУД стали неотъемлемой частью пространств для бизнеса.

1.1.1. Анализ отчёта о показателях школьной преступности и безопасности

В июне 2022 года NCES¹ обобщил данные опросов учеников школ в США и составил отчёт^[1] о показателях школьной преступности и безопасности. В период с 2000-2001 по 2020-2021 годы количество школьных перестрелок с жертвами в год в государственных и частных начальных и средних школах колебалось от 11 до 93 (см. Рисунок 1). В 2020-2021 годах произошло в общей сложности 93 школьных перестрелки с жертвами – это самый высокий показатель с 2000-2001 годов. В 2019-2020 учебном году около 77% государственных школ зафиксировали один или несколько случаев преступления произошло, что составило 1,4 миллиона инцидентов, или 29 инцидентов на 1000 зачисленных студентов (см. Рисунок 2). Эти отчёты были взяты, так как в России нет таких в открытом доступе нет. На Рисунке 3 приведена общая динамика преступлений несовершеннолетних^[2] по России с 2016 по 2020 гг.

1.1.2. Анализ аналогов

В качестве аналогов и прототипов были рассмотрены системы иностранных компаний. Российских аналогов на рынке не представлено. Информация об аналогах представлена в Таблице 1.

¹ NCES (National Center for Education Statistics) [Национальный центр статистики образования] является основным федеральным органом по сбору, анализу и отчетности данных, связанных с образованием в Соединенных Штатах и других странах

Таблица 1 – Анализ аналогов

Название	Логотип	Описание
Kisi ^[3]		<p>Плюсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Блокировка дверей + Оповещение об аварийных ситуациях + Доступ по мобильным телефонам + Экспорт данных + Техническая поддержка <p>Минусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Нет интеграции с электронным дневником – Нет интеграции с системой освещения здания учебного заведения – Не отечественный
Keri Systems ^[4]		<p>Плюсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Блокировка дверей + Оповещение об аварийных ситуациях + Экспорт данных + Техническая поддержка <p>Минусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Нет интеграции с электронным дневником – Нет интеграции с системой освещения здания учебного заведения – Нет интеграции с камерами наблюдения – Не отечественный

Проанализировав различные аналоги были сделаны выводы:

- Нет интеграции с электронным дневником;
- Доступ в аудиторию не контролируется по расписанию;
- Функционал систем не удовлетворяет всем потребностям УЗ.

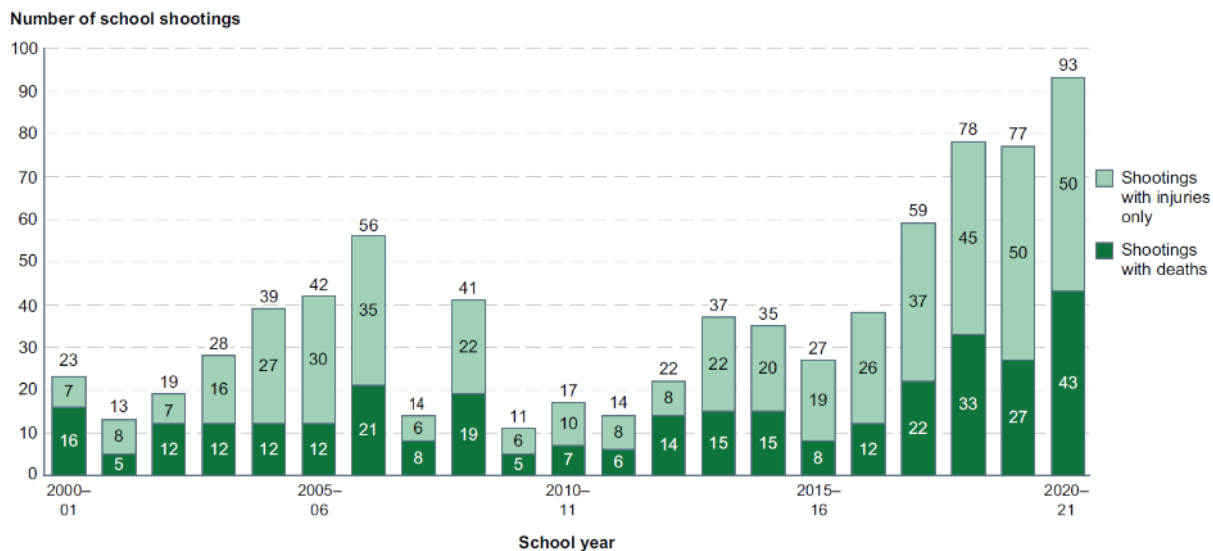


Рисунок 1 – Количество школьных перестрелок с жертвами в государственных и частных начальных и средних школах

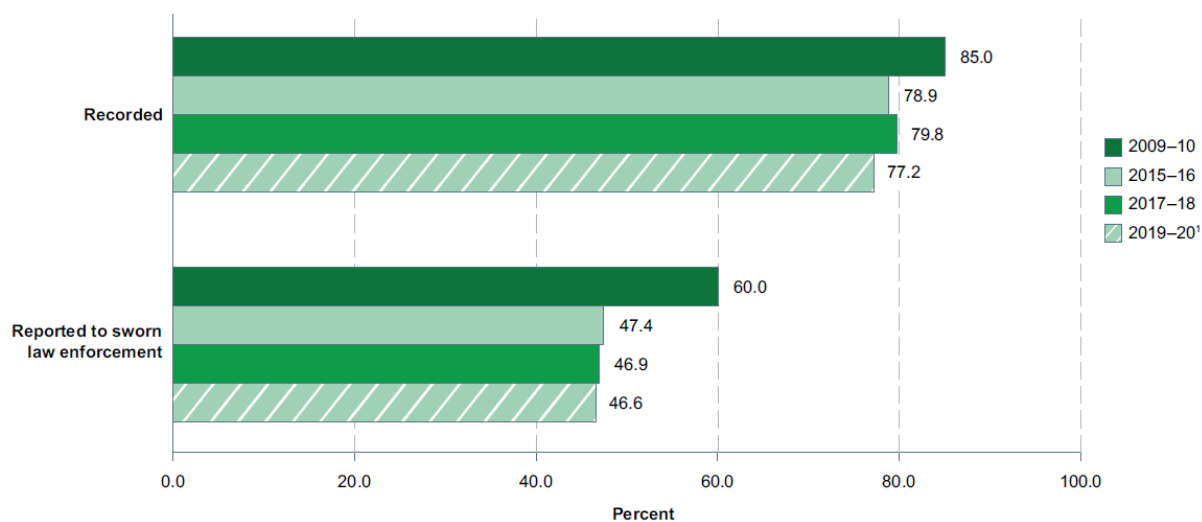


Рисунок 2 – Процент государственных школ, зафиксировавших один или несколько случаев правонарушения в школе (1,4 миллиона инцидентов)

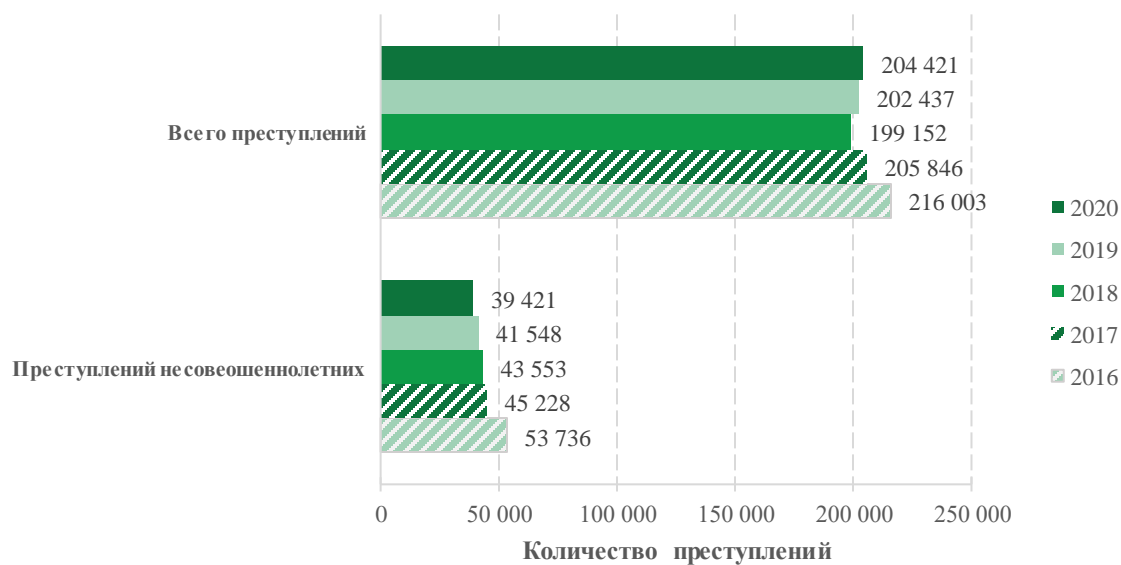


Рисунок 3 – Динамика преступлений, совершенных несовершеннолетними, за 2016-2020 гг. по России

1.2. Технического задания

Состав системы:

- Серверное приложение – “сердце” системы;
- Дверной контроллер;
- Приложение администратора – для привязки электронной карточки к профилю ученика, преподавателя или сотрудника;
- Web-приложение

Основные функции системы:

- Считывать электронные карты;
- Открывать/закрывать электромагнитный замок;
- Предоставление доступа в помещения для учеников и персонала;
- Интеграция с электронным дневником для автоматической актуализации данных о расписании и учебных занятиях;
- Автоматическая фиксация отсутствия учеников на уроках в соответствии с расписанием;
- Гибкая настройка доступа и временных ограничений, с возможностью выдачи временного доступа;
- Управление доступом и привязки карт к профилям пользователей в приложении администратора.

Дополнительные критерии:

- Элементы системы должны быть совместимы и эстетически согласованы с цветовой гаммой учебного заведения;
- Документация по проекту должна быть передана администраторам УЗ по завершению разработки;
- Система должна удовлетворять требованиям пожарной безопасности и при срабатывании сигнализации все двери должны быть разблокированы.

Кейсы использования системы:

- Кабинеты информатики:
В кабинетах информатики находится ценная техника УЗ и ученикам не следует находиться в аудитории на перемене без присутствия учителя;

— Спортивный зал и раздевалки:

В раздевалках ученики могут оставлять ценные вещи (деньги, телефоны и т. д.) и для их сохранности вход другим ученикам будет заблокирован;

— Лаборатории:

Помещения, связанные с повышенной опасностью. Они доступны только определённому кругу лиц.

— Раздевалки для верхней одежды:

Для минимизации краж двери отдельных раздевалок разблокируются только до начала всех уроков и после их окончания. На переменах двери остаются заблокированными. Сотрудник безопасности УЗ может выдавать временный доступ ученикам.

2. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

2.1. Авторизация пользователей

Для доступа предлагается использовать электронную бесконтактную карту, которая имеется у всех учащихся и персонала УЗ (в московских школах – карта “Москвёнок”^[5]), что обеспечивает экономию в проекте внедрения СКУД в УЗ.



Рисунок 4 – Карта “Москвёнок”

2.2. Проектирование прототипа

Для считывания карт было принято решение использовать RFID-модуль rc522, так как эта технология обеспечивает высокую скорость считывания. Максимальное расстояние считывания – до 6 см. Для обеспечения максимального быстродействия системы принято решение по размещению серверного приложения на инфраструктуре УЗ.

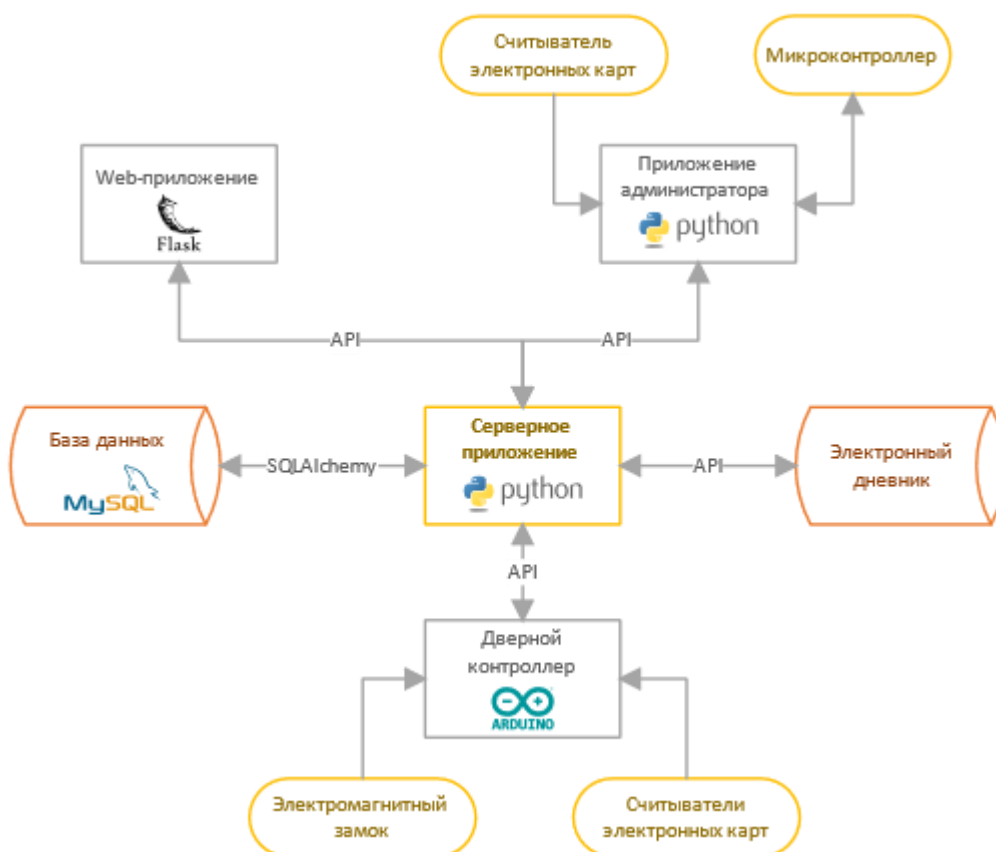


Рисунок 5 - Структурная схема проекта

2.3. Программные модули

2.3.1. Серверное приложение

Серверное приложение реализовано на Python3^[6] при помощи микрофреймворка Flask^[8]. Исходя из функционала системы реализованы функции для обработки входящих запросов от дверного контроллера. Определена логика открытия дверей (см. Рисунок 7). Элемент дверной контроллер имеет классификатор типа помещения (аудитория, спортивный зал и раздевалка), который позволит определять различные сценарии использования.

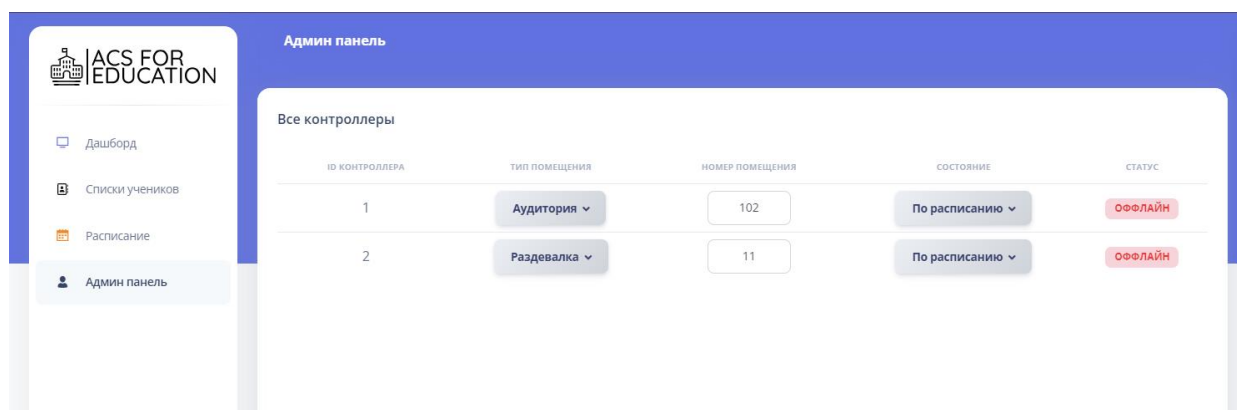


Рисунок 6 – Настройка контроллеров в сети УЗ

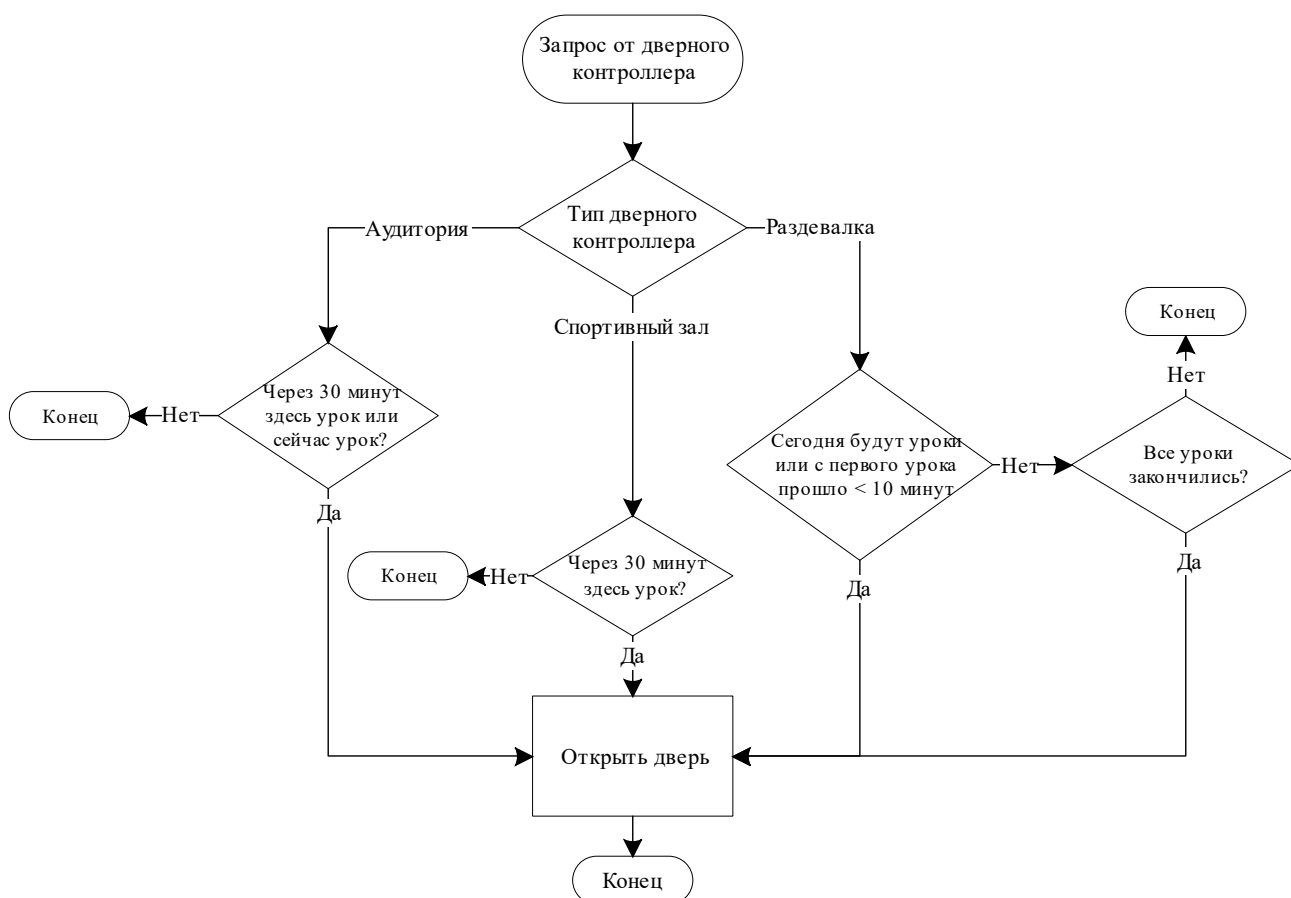


Рисунок 7 – Логика проверки на открытие двери для профиля “ученик”

Взаимодействие с базой данных системы осуществляется при помощи SQL запросов. В проекте использована библиотека SQLAlchemy^[9] для упрощения написания SQL запросов.

API электронного дневника вызывается посредством web-запросов. Для защиты используется ключ доступа (токен) к API. Система автоматически фиксирует присутствие учеников.

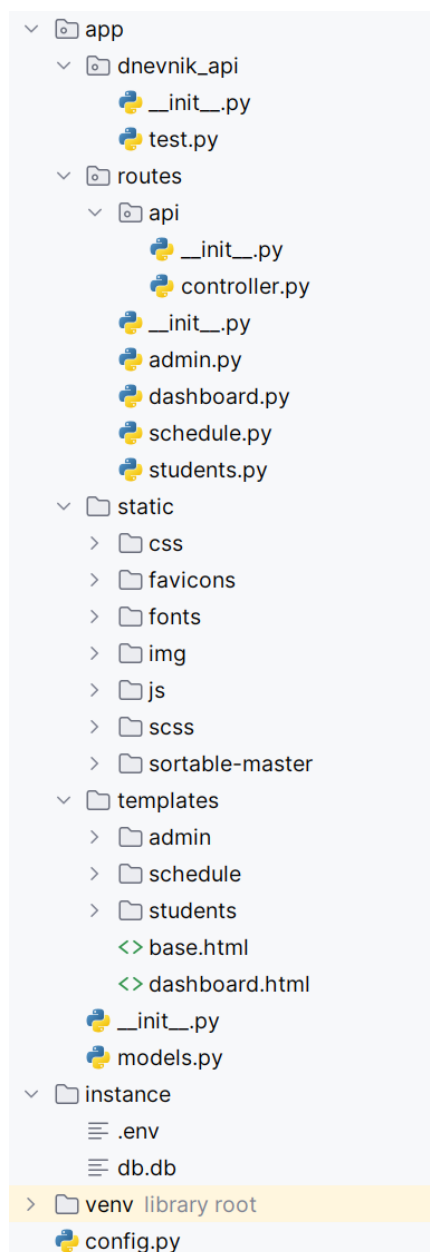


Рисунок 8 – Файловая структура серверного приложения

Функции серверного приложения распределены по файлам и директориям для удобства дальнейшей модернизации приложения.

Описание каждой директории:

— app – все файлы приложения;

- `dnevnik_api` – файлы с функциями для обращения к API электронного дневника;
- `routes` – файлы с обработчиками входящих запросов к API серверного приложения;
- `static` – все статичные файлы (стили, js скрипты, картинки и шрифты);
- `templates` – html шаблоны.

2.3.2. Дверной контроллер

Состоит из:

- 2-х микроконтроллеров (wemos D1 на базе esp8266 и Arduino UNO);
- электромагнитного замка (в макете использован сервопривод с механической задвижкой);
- 2-х считывателей RFID (модуль rc522);
- 4-х светодиодов (красный, жёлтый, зелёный и синий);
- пьезоэлемента.

В одном микроконтроллере wemos D1 нельзя поставить 2 RFID-модуля и поэтому использовано 2 микроконтроллера, которые связаны друг с другом по I2C протоколу (при помощи библиотеки `Wire.h`^[10]). На Рисунке 9 показана функция отправки данных на контроллер Arduino UNO.

При считывании карты микроконтроллер wemos d1 получает данные с RFID-модуля и посылает web-запрос через WiFi подключение на серверное приложение, и он же постоянно опрашивает второй RFID-модуль, установленный на Arduino UNO через I2C шину. Также этот микроконтроллер каждые 3 секунды опрашивает состояние пожарной сигнализации для своевременной разблокировки двери.

3. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

В ходе работы над проектом была реализована система СКУД интегрированная с электронным дневником МЭШ^[11] и интегрированная с системой пожарной сигнализации.

3.1. Перспективы развития проекта

В ближайшем будущем планируется интегрировать систему с видеонаблюдением УЗ. Наличие камер видеонаблюдения в аудиториях, подключенных к машинному видению, позволит расширить возможности мониторинга: поиск учащихся, не приложивших свою карточку на входе, и фиксация их посещения, быстрее входить в аудиторию (не нужно прикладывать каждому ученику свою карту на входе).

Интегрировать систему с системой освещения УЗ – включать свет, только тогда, когда кто-то находится в аудитории/раздевалке, что обеспечит экономию электроэнергии.

3.2. Перспективы внедрения проекта в практику

Для успешного внедрения системы в УЗ нужно придерживаться следующих рекомендаций:

- При невозможности прокладки линий электропитания в стенах УЗ выполнять проводку внешним способом внутри помещений для уменьшения вероятности злоумышленного обесточивания дверного контроллера.
- Разворачивать серверное приложение в сети УЗ для уменьшения сетевой задержки (ping).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Официальный сайт NCES:
<https://nces.ed.gov/programs/coe/crime-and-safety> (дата обращения: 28.01.2024)
2. Работа о современном состоянии преступности несовершеннолетних:
<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-prestupnosti-nesovershennoletnih-1> (дата обращения: 28.01.2024)
3. Сайт производителя Kisi:
<https://www.getkisi.com> (дата обращения: 28.01.2024)
4. Сайт производителя Keri Systems:
<https://kerisys.com> (дата обращения: 28.01.2024)
5. Официальный сайт “Москвёнок”:
<https://moskvenok.mos.ru/> (дата обращения: 07.02.2024)
6. Официальный сайт Python:
<https://www.python.org> (дата обращения: 28.01.2024)
7. Официальный сайт Arduino:
<https://www.arduino.cc> (дата обращения: 28.01.2024)
8. Документация микрофреймворка Flask:
<https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x> (дата обращения: 02.02.2024)
9. Документация библиотеки SQLAlchemy:
<https://www.sqlalchemy.org> (дата обращения: 02.02.2024)
10. Документация библиотеки Wire.h:
<https://docs.arduino.cc/learn/communication/wire> (дата обращения: 02.02.2024)
11. Сайт МЭШ:
<https://www.mos.ru/city/projects/mesh/> (дата обращения: 07.02.2024)
12. Официальный сайт GitHub:
<https://github.com> (дата обращения: 28.01.2024)
13. Официальный сайт Amperka:
<https://amperka.ru> (дата обращения: 28.01.2024)

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

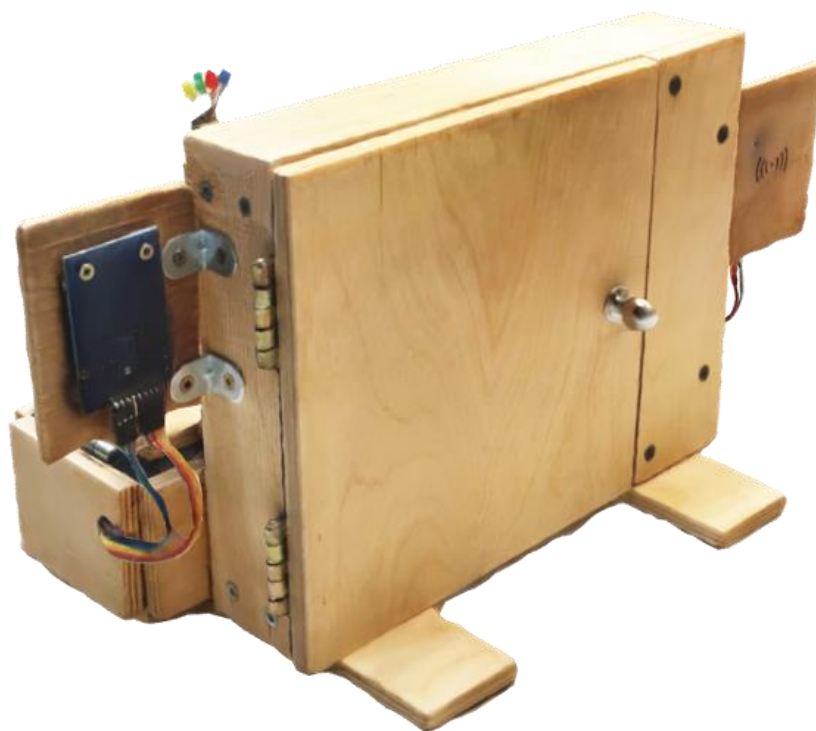


Рисунок А.1 - Макет двери (вид спереди)



Рисунок А.2 - Макет двери (вид сзади)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

```
const String ALPHABET = "ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789= ";
const int BLUE_LED_COOLDOWN = 250;
const int FIRE_ALARM_CHECKER_COOLDOWN = 5000;
const int OPEN_DOOR_DELEY = 3000;
const String CONTROLLER_ID = "1";

const int CONNECTION_ATTEMPTS = 5;
const String WIFI_NETWORKS[][3] = {
  {
    "Keenetic_1330",
    "xE53nD7m",
    "10.10.10.58:80"
  },
  {
    "HUAWEI-B535-6D9A",
    "x19KNa5C",
    "192.168.8.100:5002"
  },
  {
    "Galaxy_A51",
    "tixe5757",
    "192.168.149.182:5002"
  }
};

const String REQUESTS_PROTOCOL = "http://";
const String REQUESTS_MAIN_DOMAIN = "robotics-acs-project.tk:5002";
const bool REQUESTS_USE_MAIN_DOMAIN = true;
```

Рисунок Б. 1 – Константы Wemos D1

```
scanResult = WiFi.scanNetworks(/*async=*/false, /*hidden=*/false);
if (scanResult > 0) {
  for (int j = 0; j < (sizeof(WIFI_NETWORKS) / sizeof(String) / 3); j++) {
    for (int8_t i = 0; i < scanResult; i++) {
      WiFi.getNetworkInfo(i, scan_ssid, encryptionType, rssi, bssid, channel, hidden);
      if (WIFI_NETWORKS[j][0] == scan_ssid.c_str()) {
        ssid = WIFI_NETWORKS[j][0];
        password = WIFI_NETWORKS[j][1];
        host = WIFI_NETWORKS[j][2];
        break;
      }
    }
  }

  Serial.println("Connecting to wifi network...");
  WiFi.begin(ssid, password);
}
```

Рисунок Б. 2 – Сканирование WiFi сетей и подключение к найденной из WIFI_NETWORKS

```

bool isnt_card_present() {
    control = 0;
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        if (!rfid.PICC_IsNewCardPresent()) {
            if (rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
                //Serial.print('a');
                control |= 0x16;
            }
            if (rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
                //Serial.print('b');
                control |= 0x16;
            }
            //Serial.print('c');
            control += 0x1;
        }
        //Serial.print('d');
        control += 0x4;
    }

    //Serial.println(control);
    if (not(control == 13 || control == 14)) {
        return true;
    }
    return false;
}

```

Рисунок Б.3 – Функция проверки приложена карточка к считывателю или нет

```

void rebootRFID() {
    if (millis() - rfidRebootTimer > 3000) {
        rfidRebootTimer = millis();
        digitalWrite(RST_PIN, HIGH);
        delay(1);
        digitalWrite(RST_PIN, LOW);
        rfid.PCD_Init();
        Serial.println(F("Rebooted!"));
    }
}

```

Рисунок Б.4 – Функция для перезагрузки RFID-модуля каждые 3 секунды

```

String get_uid() {
    String uid = "";
    for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
        uid.concat(String(rfid.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
        uid.concat(String(rfid.uid.uidByte[i], HEX));
    }
    uid.toUpperCase();
    uid = uid.substring(1);
    return uid;
}

```

Рисунок Б.5 – Функция для считывания UID карты

```

void send_data(int number) {
  Serial.println("Sending " + String(number) + "...");
  if (number == 8) {
    if ((not is_door_closed()) and (not blue_led_state)) {
      send_data(12);
      blue_led_state = true;
    }
    while (not is_door_closed()) {
      Serial.println("Door isn't closed!");
      delay(100);
    }
    if (blue_led_state) {
      send_data(13);
      blue_led_state = false;
      delay(500);
    }
  }
  Wire.beginTransaction(0x0B);
  Wire.write(number);
  Wire.endTransmission();
  Wire.beginTransaction(0x0B);
  Wire.write(number);
  Wire.endTransmission();
  Serial.println("Send " + String(number));
}

```

Рисунок Б.6 - Функция для отправки кода команды на микроконтроллер Arduino UNO

```

void requestEvent() {
    Wire.write(now_uid.c_str());
    // if (now_uid != "") {
    //     Serial.println("Uid geted! " + now_uid);
    // }
}

void receiveEvent(int response_number) {
    response_number = Wire.read();
    Serial.println("Get " + String(response_number));

    switch (response_number) {
        case 1:
            digitalWrite(YELLOW_LED, 1);
            break;
        case 2:
            digitalWrite(YELLOW_LED, 0);
            break;
        case 3:
            digitalWrite(GREEN_LED, 1);
            break;
        case 4:
            digitalWrite(GREEN_LED, 0);
            break;
        case 5:
            digitalWrite(RED_LED, 1);
            break;
        case 6:
            digitalWrite(RED_LED, 0);
            break;
        case 12:
            digitalWrite(BLUE_LED, 1);
            break;
        case 13:
            digitalWrite(BLUE_LED, 0);
            break;
        case 7:
            servo_angle = SERVO_OPEN_DEG;
            break;
        case 8:
            servo_angle = SERVO_CLOSE_DEG;
            break;
        case 9:
            tone_index = 9;
            break;
        case 10:
            tone_index = 10;
            break;
        case 11:
            tone_index = 11;
            break;
    }
}

```

Рисунок Б.7 – Функции для обработки входящих команд от микроконтроллера Wemos D1

```

void fire_alarm_checker_cooldown_function() {
    if (fire_alarm_checker_start_time + FIRE_ALARM_CHECKER_COOLDOWN < millis()) {
        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
            int_response = send_request("/api/get_fire_alarm_state/", true);
            if (int_response == 1) {
                is_fire_alarm = true;
                send_data(7);
            } else if (int_response == 0) {
                is_fire_alarm = false;
                send_data(8);
            }
            fire_alarm_checker_start_time = millis();
        }
    }
}

```

Рисунок Б.8 – Функция проверки статуса пожарной сигнализации