

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Направление подготовки 15.04.06 «Управление роботами и мехатронными системами»

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Разработка автоматического учета продаж и востребованности товаров для супермаркетов |

УДК \_\_\_\_\_

Студент

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ41  | Пантюхин Александр Романович |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО             | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор | Малышенко А. М. | Д.Т.Н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО               | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Конотопский В. Ю. | К.Э.Н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО                | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Пустовойтова М. И. | К.Х.Н.                    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Должность              | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Заведующий<br>кафедрой | Лиепиньш А. В. | К.Т.Н.                    |         |      |

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения по основной образовательной программе направления «Мехатроника и робототехника»

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

### ***Планируемые результаты обучения***

| Код рез-та                     | Результат обучения<br>(выпускник должен быть готов)                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Профессиональные</i></b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                              |
| P1                             | применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.                                                                    | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                        |
| P2                             | воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем<br>принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем. | Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>          |
| P3                             | интегрировать и применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке и проектировании современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием достижений и технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.                  | Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P4                   | применять полученные знания для решения инженерных задач при производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем                                                                                                                                                                                                                                                | Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5<br>АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                                          |
| P5                   | планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать необходимые выводы. | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5<br>АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| P6                   | понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике, знать области их применения, в том числе в гибких автоматизированных производствах.                                                                                                                                                                                                   | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                                                      |
| <i>Универсальные</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                       |
| P7                   | эффективно работать в профессиональной сфере индивидуально и в качестве члена команды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5<br>АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI                                               |
| P8                   | владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональ-ной среде с пониманием культурных,                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5<br>АИОР (п. 2.2), согласованный                                                                                                                                    |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | языковых и социально-экономических различий                                                                                                                                                                                                                                                                                        | с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                                                                                                                                           |
| P9  | проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. | Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i> |
| P10 | следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности                                                                                                                                                                                                                          | Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>                                                   |
| P11 | понимать необходимость обучения в течение всей жизни, уметь самостоятельно учиться и повышать свою квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.                                                                                                                                                             | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .                                                |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Направление подготовки 15.04.06 «Управление роботами и мехатронными системами»

Кафедра интегрированных компьютерных систем управления

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой

\_\_\_\_\_ А. В. Лиепигъш  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                          |
|--------------------------|
| Магистерской диссертации |
|--------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| Группа | ФИО                             |
| 8ЕМ41  | Пантюхину Александру Романовичу |

Тема работы:

|                                                                                      |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Разработка автоматического учета продаж и востребованности товаров для супермаркетов |  |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)                                          |  |

|                                          |  |
|------------------------------------------|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |  |
|------------------------------------------|--|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Исходные данные к работе</b> |  |
|---------------------------------|--|

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b><br><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> |                           |  |
| <b>Перечень графического материала</b><br><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                           |  |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |  |
| Раздел                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Консультант               |  |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | к.э.н. Конотопский В. Ю.  |  |
| Социальная ответственность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | к.х.н. Пустовойтова М. И. |  |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                           |  |

|                                                                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| профессор | Малышенко А. М. | Д. Т. Н.               |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ41  | Пантюхин Александр Романович |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа имеет 105 страниц, 30 рисунков, 23 таблицы, 25 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УЧЕТА, WI-FI, INDOOR NAVIGATION, ТРИЛАТЕРАЦИЯ, ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ, IBEACON.

Цель работы – разработка системы автоматического учета продаж и востребованности товаров.

В процессе исследования проводился анализ методов определения местоположения, разрабатывалась структурная схема системы, а был разработан метод определения местоположения объекта с использованием активной метки.

В результате исследования была разработана система автоматического учета.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: система состоит из активной метки и излучателей, которые устанавливаются по периметру помещения. Метка получает информацию и отправляет ее на сервер. Далее, используя определенный математический аппарат, можно судить о местоположении объекта и его перемещениях.

Степень внедрения. Данная диссертационная работа выполняется в рамках гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Планируются коммерциализация и защита патента.

Область применения: торговля.

Фактором экономического эффекта, реализуемым в предложенной работе является возможность повысить продажи и получить более детальную информацию о покупателе.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В представляемой работе использовались следующие термины с соответствующими определениями:

Wi-Fi: Беспроводная связь по стандарту передачи данных IEEE 802.11.

GPS: Система глобального позиционирования (Global Positioning System).

Bluetooth: Беспроводная связь по стандарту передачи данных IEEE 802.15.

OSI: Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection basic reference model).

RSSI: полная мощность принимаемого приёмником сигнала (Received Signal Strength Indicator).

NFER: Технология измерения ближнего электромагнитного поля (Near-Field Electromagnetic Ranging)

## Оглавление

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                               | 11 |
| 1. Обзор.....                                                               | 15 |
| 2. Разработка структурной схемы системы .....                               | 23 |
| 2.1 Метка .....                                                             | 24 |
| 2.2 Wi-Fi маршрутизатор.....                                                | 30 |
| 2.3 Сервер.....                                                             | 33 |
| 2.4 Wi-Fi маяки .....                                                       | 36 |
| 3. Разработка алгоритма работы системы.....                                 | 37 |
| 4. Результаты проведенного исследования.....                                | 54 |
| 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность,<br>ресурсосбережение.....   | 56 |
| Введение.....                                                               | 56 |
| 5.1 Затраты по основной заработной плате исполнителей темы .....            | 57 |
| 5.2. Расчет затрат на материалы .....                                       | 62 |
| 5.3. Расчет заработной платы основных исполнителей проекта.....             | 63 |
| 5.4. Расчет затрат на социальный налог .....                                | 64 |
| 5.5. Расчет затрат на электроэнергию .....                                  | 64 |
| 5.6. Амортизация основных фондов .....                                      | 66 |
| 5.7. Прочие расходы.....                                                    | 67 |
| 5.8. Расчет общей себестоимости разработки.....                             | 68 |
| 5.9. Оценка экономической эффективности разработанной системы<br>.....      | 69 |
| 5.10 Расчет срока окупаемости затрат на автоматизацию супермаркета<br>..... | 69 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.11. Расчет коэффициента экономической эффективности капитальных затрат на разработку и внедрение АС..... | 70 |
| 6. Социальная ответственность .....                                                                        | 73 |
| 6.1. Техногенная безопасность .....                                                                        | 73 |
| 6.1.1. Повышенная или пониженная влажность воздуха.....                                                    | 73 |
| 6.1.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны;.....                                                       | 74 |
| 6.1.3. Отсутствие или недостаток естественного света .....                                                 | 74 |
| 6.1.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля.....    | 77 |
| 6.1.5 Электробезопасность.....                                                                             | 78 |
| 6.2 Региональная безопасность.....                                                                         | 79 |
| 6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....                                              | 80 |
| 6.3.1 Эргономические требования к рабочему месту.....                                                      | 80 |
| 6.3.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....                                    | 82 |
| 6.4 Пожарная безопасность.....                                                                             | 83 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                           | 85 |
| Список публикаций студента .....                                                                           | 86 |
| Список используемой литературы .....                                                                       | 88 |
| Приложение А .....                                                                                         | 91 |

## **Введение**

**Актуальность.** В последнее время всё более актуальной становится проблема навигации внутри помещений, а также предоставления посетителям услуг, основанных на их местоположении (LBS – Location-based service) и предпочтениях. Здания становятся всё более объёмными и нередко имеют довольно сложную структуру, ориентироваться в которой могут лишь те, кто постоянно посещает такие здания, а для неподготовленного человека ориентирование в таких местах превращается в пытку.

Кроме того, решения, применяемые в indoor-навигации (навигации внутри помещений), помогают и в ориентировании вне зданий, на улице – там, где в условиях плотной застройки использование систем спутниковой навигации затруднено (нет спутников в прямой видимости, присутствует только отражённый/ослабленный/зашумленный сигнал GPS/Глонасс и т.д.). Особенно эта проблема актуальна для Японии с высокой плотностью городской застройки.

В случае спутниковой навигации (GPS/Глонасс) существуют сервисы OutDoor, благодаря которым вы узнаете о ближайших кафе/ресторанах/гостиницах и т.д. благодаря тому, что известно ваше текущее местоположение. А благодаря сервисам indoor-навигации вы сможете без проблем и оперативно найти ближайшую стойку регистрации в здании аэропорта, экспонат в музее (+сразу отобразится его описание на экране вашего телефона), отдел и полку с нужным вам товаром в магазине (больше не придется тратить часы на поиск всех нужных товаров в магазине), свободное место на парковке, и многое другое. Типичный пример – аудиогиды. Приходите в музей, берете аудиогид, и каждый раз вынуждены искать по номеру нужный экспонат, вводить его номер в устройство и слушать его описание. В случае применение indoor-навигации, всё производится автоматически – просто подойдите к заинтересовавшему вас экспонату, и его описание начнет проигрываться без дополнительных телодвижений с вашей стороны. Никаких сложностей и потери времени, всё просто .

Также, благодаря indoor-навигации появляются новые инструменты для маркетинга – проходя мимо вашего магазина, человек может моментально узнать о проводимых у вас акциях/мероприятиях/предоставляемых услугах, товарам, благодаря всплывающему сообщению на экране своего телефона (так называемом “Geo-fencing”, причём предложенные ему предложения будут учитывать его интересы – т.к. можно учитывать информацию о его прошлых покупках), либо просто получить уведомление при приближении к определенному месту (второе направление indoor-навигации, называемое «Geo-aware»), а вы – получать статистическую информацию («тепловые карты» посетителей – своеобразный и очень мощный offline-аналог Google Analytics), основанные на перемещениях клиентов внутри ваших торговых залов (понять, какие отделы и товары пользуются повышенным интересом – очень легко). Рынок подобной геоконтекстной рекламы (LBA – location-based advertising) уже измеряется миллиардами долларов, и с развитием систем indoor-навигации ожидается его стремительный рост.

Благодаря большим коммерческим перспективам, направление indoor-навигации становится всё более востребованным и уже привлекло внимание таких крупных игроков на рынке, как Google, Apple, Qualcomm, Broadcom, Sony и т.д., и в это, без сомнения, перспективное направление уже инвестируются сотни миллионов долларов [1]-[4].

**Целью диссертационной работы** является разработка системы автоматического учета продаж и востребованности товаров в супермаркете.

### **Основные задачи исследований**

1. Произвести анализ существующих способов определения местоположения объектов внутри помещений;
2. Разработать структуру системы автоматического учета и осуществить выбор оборудования;
3. Рассмотреть способы фильтрации исходных данных, выбрать наиболее эффективный;
4. Разработать метод определения местоположения с использованием активных Wi-Fi/Bluetooth меток.
5. Разработать программное обеспечение, которое позволит определять местоположение объекта, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

### **Методы решения задач**

Поставленные задачи решались путем теоретических и экспериментальных исследований. При решении задач использовались современные компьютерные технологии, в частности пакеты MatLab R2015a, PyCharm 2016.

**Научная новизна** работы заключается в следующем.

1. Разработан метод определения местоположения с использованием активных Wi-Fi/Bluetooth меток;
2. Разработано программное обеспечение для автоматического сбора информации и построения карты перемещений.

**На защиту выносятся** следующие основные научные результаты и положения диссертации.

1. Структура разработанной системы автоматического учета;
2. Метод определения местоположения объекта с использованием активных Wi-Fi/Bluetooth меток;
3. Результаты экспериментальных исследований полученной системы автоматического учета продаж и востребованности товаров.

**Практическая ценность** результатов диссертационной работы заключается в возможности использования разработанной системы автоматического учета продаж и востребованности товаров в крупных торговых, что позволит повысить продажи и получить комплексную информацию о потребностях и желаниях покупателей.

**Реализация работы.** Данная диссертационная работа выполнена в рамках гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Грант был выигран в 2015 году по следующей тематике «Система определения местоположения объектов внутри помещений»

**Апробация работы.** Планируется провести установку системы в одной из крупных торговых сетей города Томска. В настоящее время ведутся переговоры.

## 1. Обзор

Системы позиционирования в помещениях стали несомненным трендом в современном мире. Все больше компаний старается внести что-то свое: увеличить точность или создать абсолютно новый метод. Основным элементом, необходимым для работы системы автоматического учета продаж и востребованности товаров, является перемещение покупателя. От методики определения зависит точность и конечный результат, который получит менеджер магазина. По этой причине, в первую очередь стоит рассмотреть существующие методы позиционирования, их плюсы и недостатки, а далее будут рассмотрены готовые системы, представленные на рынке.

По технологии определения местонахождения объекта, методы позиционирования могут быть разделены на три группы:

- использование триангуляции;
- использование трилатерации;
- измерение силы сигнала.

Основными критериями при оценке подобных систем считают: идентификация отслеживаемых объектов, точность позиционирования, период опроса всей системы. К дополнительным также можно отнести: радиус действия, энергопотребление меток, стоимость, сложность установки, помехоустойчивость.

Рассмотрим существующие методы позиционирования.

Наиболее известными являются *глобальные навигационные системы*, такие как GPS (global positioning system) и ГЛОНАСС. В настоящее время точность позиционирования составляет порядка шести метров, но новое поколение позволит увеличить точность до 50–80 сантиметров. Для позиционирования необходимо специальное устройство, которое сможет принимать сигналы от спутников GPS/ГЛОНАСС. Главным недостатком глобальных навигационных систем можно считать зависимость от условий использования. При нахождении в здании практически невозможно определить местонахождение объекта. Уровень сигнала резко ухудшается,

помехой могут быть и соседние здания, деревья. Так же, к недостаткам можно отнести большое время «холодного» старта.

**Позиционирование с помощью сотовых сетей.** Является достаточно популярным методом, так как количество пользователей мобильными сетями возрастает каждый день, развитая и повсеместная инфраструктура. Каждый абонент подключается к мобильной соте (сота – область, которую покрывает станция мобильной связи). На основе этой информации делается вывод, в какой именно точке сейчас находится абонент. Точность позиционирования определяется радиусом действия станции. Она варьируется от 100 метров до 2 километров. Для более точного определения используется триангуляция и трилатерация.

**Триангуляция.** Станция оснащена антеннами (обычно их количество от 3 до 6 штук). Каждая антенна обслуживает определенный сектор, область где пересекаются несколько секторов – является зоной нахождения объекта. Чем больше антенн, тем уже каждый сектор (при этом меньше площадь пересечения секторов, но выше точность). При определении местоположения таким методом точность составляет порядка 150 – 200 метров.

**Трилатерация.** Измеряется расстояние от каждой станции до абонента. На основе этой информации вычисляется местоположение клиента. Точность – около 150 метров.

Иногда используют комплексную информацию: телефон получает местоположение от мобильных вышек, а также от спутников GPS/ГЛОНАСС. На основе этих данных получают местоположение абонента. Стоит отметить, что в помещениях данный метод работает с высокой погрешностью. Это значительно затрудняет определение местоположения.

Наряду с глобальными системами позиционирования, также существуют и локальные системы позиционирования. К ним можно отнести: оптические и ультразвуковые системы. Данные технологии не используют радиосигнал, что позволяет однозначно идентифицировать помещение, в котором находится отслеживаемый объект [1] – [4].

**Инфракрасное позиционирование.** К объекту, который необходимо отследить, крепится активная инфракрасная метка. В процессе работы метка испускает инфракрасные импульсы. Приемники получают сигнал. Каждый приемник имеет фиксированные координаты. По времени прохождения сигнала от метки до приемника и трилатерации, система рассчитывает местоположение метки. Этот метод не может применяться в помещениях с естественным освещением (солнечный свет создает помехи приемникам). Данный метод обеспечивает высокую точность (15–25 сантиметров). К его недостаткам можно отнести высокую стоимость и сложность установки.

**Ультразвуковое позиционирование.** По принципу работы схож с инфракрасным позиционированием. Метка испускает ультразвуковой сигнал заданной частоты. Приемники (координаты которых известны заранее и статичны) получают сигнал и методом трилатерации получают местоположение метки. Главный недостаток – потери сигнала при появлении препятствий. Возможно также появление ложных ультразвуковых сигналов, например, от работающего оборудования. Высокая стоимость и сложность установки также являются недостатками. Но при использовании технологии ультразвукового позиционирования, добиваются высокой точности (порядка 5 сантиметров).

В настоящее время очень популярным методом считается позиционирование с использованием активных и пассивных радиочастотных меток [5].

**RFID (Radio Frequency IDentification)** – способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

**Пассивная радиочастотная идентификация.** Основное назначение систем с пассивными RFID метками – идентификация. Они применяются в системах, традиционно использовавших штрих-коды или магнитные карточки, т.е. в системах распознавания товаров и грузов, опознавания людей, в

системах контроля и управления доступом. Каждая система оснащается RFID метками (каждая метка имеет уникальный номер) и считывателем. Считыватель генерирует радиоизлучение. Метка при попадании в поле считывателя «возбуждается». В ее электрической цепи появляется ток, система начинает работать. Метка отправляет считывателю свой уникальный код. Таким образом, можно сделать вывод находится метка в комнате или нет, но нельзя судить о точных перемещениях. Радиус работы таких излучателей составляет порядка одного метра. Высокая стоимость таких систем не позволяет их устанавливать повсеместно.

***Активная радиочастотная идентификация.*** Активные радиочастотные метки используются при необходимости отслеживания предметов на относительно больших расстояниях. Максимальный радиус действия – 100 метров. Идентификация называется активной потому, что каждая метка имеет собственный элемент питания. Существует два основных типа меток: радиомаяки и транспондеры. Транспондеры начинают работу только при получении сигнала от считывателя. Таким способом удается снизить энергопотребление. Такие метки используются в системах контроля доступа. Можно однозначно сказать был пользователь в этой зоне или нет. Маяки постоянно излучают радиосигнал, по этой причине они используются в системах позиционирования реального времени. Каждый маяк рассылает пакет со своим уникальным номером через заданный интервал. Каждый приемник получает этот пакет, количество приёмников должно быть не менее трех. Они стоят по периметру и их координаты заранее известны. Расстояние от метки до приемника может быть рассчитано одним из доступных способов. Например, по времени прохождения сигнала метки до приемника. К недостаткам можно отнести высокую стоимость, сложность установки системы.

***NFER – Near Field Electromagnetic Ranging.*** Это технология измерения расстояния в ближнем электромагнитном поле. В системах NFER приемник для определения расстояния измеряет разность фаз между электрической и

магнитной составляющими излучаемого меткой электромагнитного поля. Поскольку эта разность изменяется от  $90^\circ$  около излучающей антенны до нуля на расстоянии полуволны, именно длина полуволны определяет радиус действия системы. Точность позиционирования в реальных условиях составляет около метра на расстоянии до 30 метров.

Относительно низкая частота радиоволн облегчает их прохождение в сложных производственных средах. Радиоволны огибают препятствия, не отражаются. Поэтому NFER технология имеет преимущества при сложной конфигурации помещений с большим количеством препятствий.

Недостаток NFER системы связан с низкой эффективностью антенны. Для эффективной работы антенна должна быть соизмерима с длиной волны. В действительности она в сотни раз меньше, что требует увеличения мощности передатчика и, соответственно, габаритов и веса меток[6].

***Позиционирование по Wi-Fi сигналу.*** Благодаря тому, что инфраструктура Wi-Fi очень быстро развивается и есть практически в каждом месте, можно использовать ее для определения местоположения. Каждый маршрутизатор отправляет широковещательный пакет, который принимает метка. В пакете содержится информация о силе сигнала. Используя эту информацию можно получить расстояние от маршрутизатора до метки. Далее, воспользовавшись трилатерацией, получим местоположение метки. Позиционирование по Wi-Fi обладает рядом достоинств: низкая стоимость, простота установки, высокая ремонтпригодность. Но стоит сказать, что точность позиционирования очень зависит от программного обеспечения. Точность может варьироваться от 15 сантиметров до трех метров [1]-[4], [7].

Основные параметры описанных систем приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица характеристик систем позиционирования

| Тип системы позиционирования | Стоимость | Точность, метры | Дистанация, метры | Трекинг |
|------------------------------|-----------|-----------------|-------------------|---------|
| GPS/ГЛОНАСС                  | Низкая    | 10-15           |                   | Да      |
| Сотовая связь                | Низкая    | 150-200         |                   | Да      |
| Инфракрасная                 | Высокая   | 0.1             | 3-10              | Да      |
| Ультразвуковая               | Высокая   | 0.1             | 3-10              | Да      |
| RFID пассивная               | Высокая   |                 | >1                | Нет     |
| RFID активная                | Высокая   |                 | 20-100            | Да      |
| NFER                         | Низкая    | 0.5             | 20-30             | Да      |
| Wi-Fi                        | Низкая    | 0.2             | До 300            | Да      |

Наиболее подходящим вариантом является система позиционирования, основанная на технологии Wi-Fi. Она удовлетворяет требованиям точности, стоимости, а также позволит создать трек покупателя по магазину.

Рассмотри далее информацию о прямых конкурентах, которые разрабатывают системы подобные нашей и используют для этого Wi-Fi.

**Ekahau.** Пожалуй, самая известная компания, которая занимается системами позиционирования реального времени. Компания была создана в 2000 году. Разработанное ими программное обеспечение позволяет строить карту производительности Wi-Fi, на основе данных собранных в ходе пассивных и активных опросов. Система позволяет прогнозировать и может предсказать, где лучше разместить дополнительные излучатели. Компания владеет десятью патентами в области систем навигации реального времени. Стоит более подробно рассмотреть технические характеристики системы позиционирования от компании Ekahau (таблица 2).

Таблица 2. Технические характеристики системы позиционирования EkaHau

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Цена (стартовый пакет)       | 2295 \$       |
| Программное обеспечение      | Проприетарное |
| Активные метки               | Да            |
| Пассивные метки              | Да            |
| Поддержка стандарта 802.11ac | Да            |
| Поддержка GPS                | Да            |
| Онлайн карта                 | Да            |
| Формирование отчетов         | Да            |

Следует отметить, что компания позиционирует себя не только для ритейла, но и, например, для медицинских учреждений. Их опыт показывает, что отслеживание оборудования в больнице – очень интересная и требующая решения задача. К сожалению, разработки данной компании не представлены на российском рынке.

**Walkbase.** Подробной информации о компании нет. На сайте лишь сказано, что они эксперты в области систем позиционирования. Для определения местоположения используется Wi-Fi. Компания считает своим основным направлением – ритейл. Вся система может работать в режиме реального времени. Это касается не только отслеживания перемещений, но и генерации рекламы и контента. Технические характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Цена (стартовый пакет)       | 3500 \$       |
| Программное обеспечение      | Проприетарное |
| Активные метки               | Да            |
| Пассивные метки              | Нет           |
| Поддержка стандарта 802.11ac | Да            |
| Поддержка GPS                | Нет           |
| Онлайн карта                 | Да            |
| Формирование отчетов         | Да            |

Система Walkbase тоже не представлена на рынке России.

Были рассмотрены наиболее близкие, к разрабатываемой системе, конкуренты. В большинстве своем они обладают схожими характеристиками, и никто из них не раскрывает подробной технической информации о своей продукции. Также на рынке представлены open source проекты, но мы их не рассматриваем, так как их функционал ограничен и развивается свободными пользователями. Главным недостатком всех систем является отсутствие на российском рынке.

Можно сделать вывод, что системы позиционирования для супермаркетов – очень важный и несомненный тренд в современном мире.

Данная работа ставит цель разработать собственную систему позиционирования в супермаркете, но с уклоном на российский рынок.

## 2. Разработка структурной схемы системы

Разрабатываемая система автоматического учета продаж и востребованности товаров состоит из нескольких важных узлов. К ним можно отнести: сервер, Wi-Fi маршрутизаторы, метки и Bluetooth маяки. Структурная схема разрабатываемой системы приведена на рисунке 1.

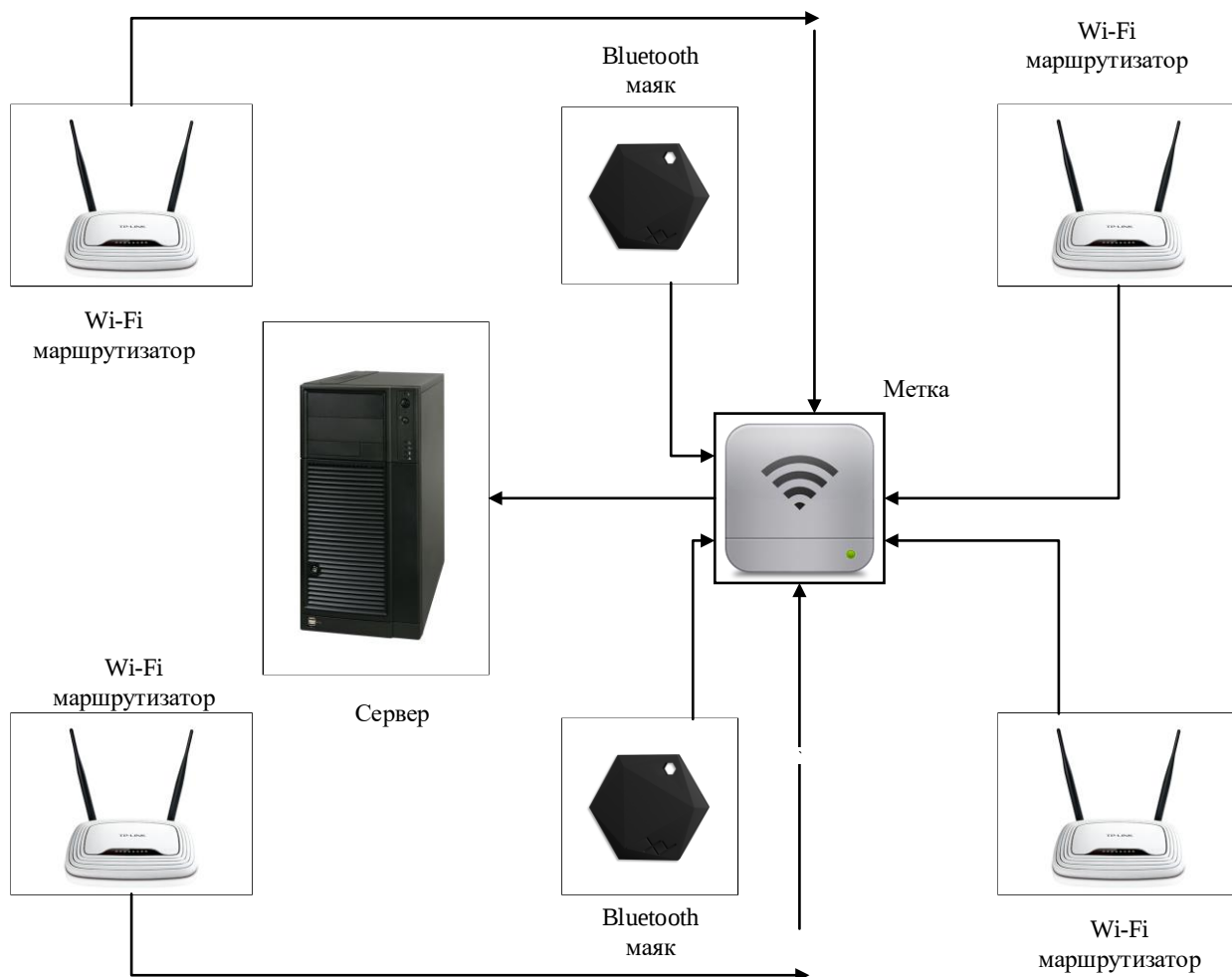


Рисунок 1. Структура разрабатываемой системы

Как видно из рисунка, метка получает информацию от маршрутизаторов и маяков, а затем передает ее на сервер. В случае, если какая-либо метка перестанет работать, то система продолжит функционировать в штатном режиме. Такая же ситуация с маяками и маршрутизаторами. Чтобы обезопасить систему, то необходимо иметь дублирующий сервер, который сможет заменить основной, в случае поломки. Рассмотрим подробно каждый элемент системы.

## 2.1 Метка

В основе метки лежат две микросхемы: ESP8266 компании EspressIf (рис. 2) и CC2541 (рис. 3) компании Texas Instruments.



Рисунок 2. Комплект разработчика ESP8266

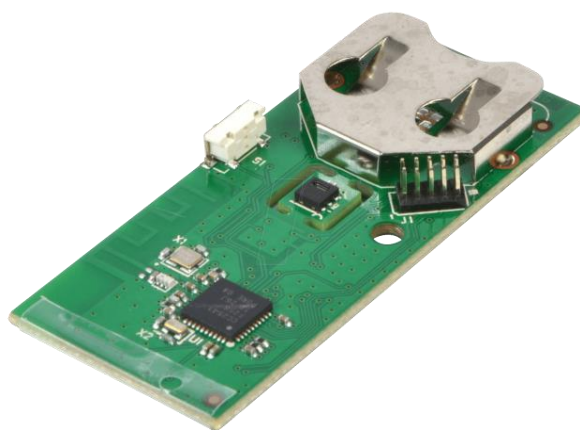


Рисунок 3. Комплект разработчика CC2541

ESP8266 – Wi-Fi модуль, позволяющий работать как в режиме «точки», так и в режиме «клиента». Wi-Fi – торговая марка для беспроводных сетей, основанных на стандартах IEEE 802.11.

IEEE 802.11 – набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 0,9, 2,4, 3,6 и 5 ГГц. Стандарты, поддерживаемые ESP8266, приведены в таблице 4.

Таблица 4. Список поддерживаемых ESP8266 стандартов

| Стандарт | Скорость передачи данных |
|----------|--------------------------|
| 802.11b  | до 11 Мбит/с             |
| 802.11g  | до 54 Мбит/с             |
| 802.11n  | до 600 Мбит/с            |

В процессе выбора Wi-Fi модуля особое внимание обращалось на следующие характеристики: минимально необходимая обвязка, энергопотребление, аппаратные возможности. Подробное описание ESP8266 и наиболее близких ей «конкурентов» приведены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнительная характеристика ESP8266 с близкими ей аналогами

|                           | ESP8266                                              | MT7681                                                    | 88MC200                                                        |
|---------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Энергопотребление         | Передача данных<br>– 215 мА<br>Режим сна – 60<br>мкА | Передача данных<br>– 242 мА<br>Режим сна – 1,1<br>мА      | Неизвестно                                                     |
| Обвязка                   | Минимальна,<br>требуется лишь<br>питание             | Максимальна,<br>требуется<br>дополнительные<br>микросхемы | Максимальна,<br>требуется<br>дополнитель-<br>ные<br>микросхемы |
| Аппаратные<br>возможности | SPI x 1, UART x 1,<br>GPIO x 9, I2C x 1              | UART x 1, GPIO<br>x 4                                     | I2C x 3, SPI x<br>3, UART x 4,<br>USB OTG x 1,<br>GPIO x 10    |

Пониженное энергопотребление ESP8266 позволяет изготовить метку в форм-факторе носимого устройства и максимально увеличить период обслуживания. Благодаря тому, что все необходимое для работы ESP8266

интегрировано непосредственно в микросхему, снижается стоимость самой метки и повышается ее ремонтпригодность. Ну и в заключении, аппаратные возможности полностью удовлетворяют заложенным требованиям.

Микросхема CC2541 используется для получения информации от Bluetooth маячков. Это позволяет повысить точность определения местоположения, так как появляется дополнительный канал информации.

Bluetooth – производственная спецификация беспроводных персональных сетей. Существует четыре основные спецификации Bluetooth: 1.0; 2.0; 3.0; 4.0, а также их производные. Bluetooth маяки предполагают использование Bluetooth 4.0 LE (Low Energy), что подразумевает сниженное энергопотребление. В метке используется модуль НМ-10, основанный на микросхеме CC2541. Подробные технические характеристики НМ-10 приведены в таблице 6.

Таблица 6. Технические характеристики НМ-10

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| Микросхема                        | CC2541           |
| Интерфейс взаимодействия          | UART             |
| Версия Bluetooth                  | 4.0              |
| Напряжение питания                | 3.3 – 6 Вольт    |
| Потребление тока (спящий режим)   | 400 мкА - 1,5 мА |
| Потребление тока (активный режим) | 8,5 мА           |

Взаимодействие с модулем производится по средствам АТ команд. С их помощью не возможно организовать прямое подключение UART < - > USB. Существуют специальные устройства преобразования интерфейсов USB – UART. В данной работе используется преобразователь на базе микросхемы FT232, изображение которой приведено на рисунке 4.



Рисунок 4. Преобразователь USB – UART FT232

Данный преобразователь позволяет работать с логическими уровнями 3,3 и 5 вольт. Более подробная информация об этом преобразователе приведена в таблице 7.

Таблица 7. Технические характеристики USB – UART FT232

| Микросхема                     | FT232               |
|--------------------------------|---------------------|
| Напряжение питания             | 3.3, 5 вольт        |
| Интерфейс подключения к ПК     | USB                 |
| Поддерживаемые ОС              | Windows, Linux, Mac |
| Максимальная скорость передачи | 115200 бод          |
| Максимальная нагрузка          | 500 мА              |

Для «общения» с преобразователем необходимо установить программное обеспечение, которое позволит передать данные в COM – портом компьютера. При подключении преобразователя к компьютеру, в диспетчере устройств появляется виртуальный COM – порт (рис. 5). С помощью этого порта и производится передача команд в Bluetooth модуль.

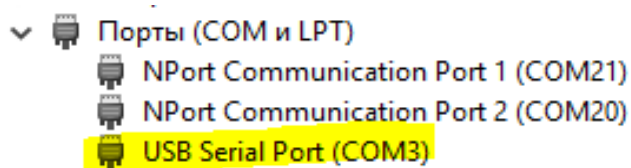


Рисунок 5. Виртуальный COM – порт

Программное обеспечение, установленное в НМ-10, позволяет передавать команды по средствам набора АТ – команд. Набор команд состоит из серий коротких текстовых строк, которые объединяют вместе, чтобы сформировать полные команды операций, например, таких как набор, сканирование близлежащих устройств, создание соединения или изменения параметров подключения. Для того, чтобы модем распознал эти команды, они должны быть записаны в специфической форме. Каждая команда всегда начинается буквами АТ или at (от англ. *ATtention*, за что и получили своё название), дополненных одной или больше командой и завершаемой в конце нажатием клавиши Enter. Команды воспринимаются модулем только тогда, когда он находится в «командном режиме».

Основная задача метки – получить информацию о силе сигнала от ближайших Wi-Fi точек, а также получить информацию от Bluetooth маяков. Алгоритм работы метки представлен на блок-схеме (рис. 6).

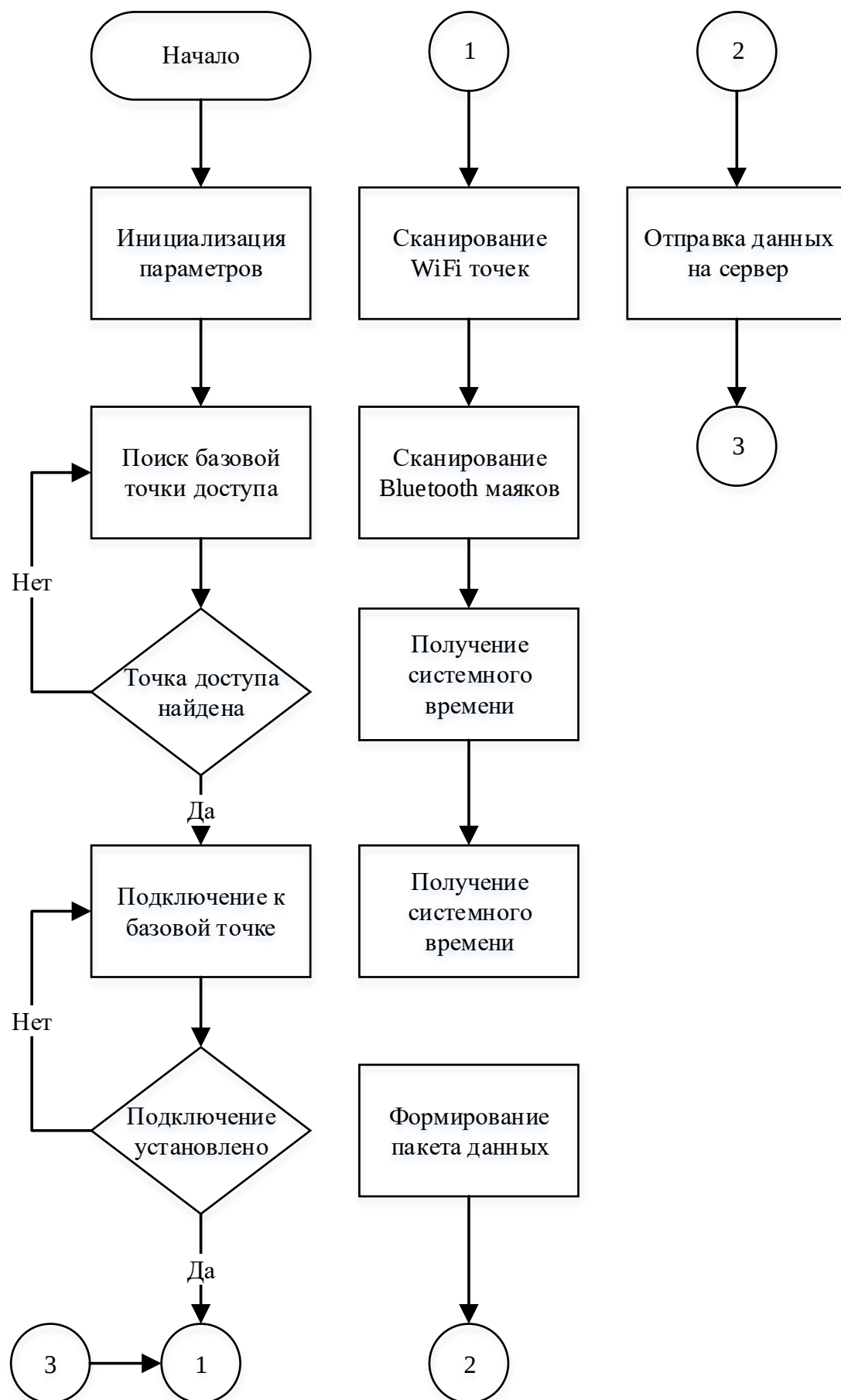


Рисунок 6. Алгоритм работы метки

## 2.2 Wi-Fi маршрутизатор

Маршрутизатор – специализированный сетевой компьютер, имеющий два или более сетевых интерфейсов и пересылающий пакеты данных между различными сегментами сети. Маршрутизатор может связывать разнородные сети различных архитектур. Для принятия решений о пересылке пакетов используется информация о топологии сети и определённые правила, заданные администратором.

В процессе работы, каждый маршрутизатор рассылает широковещательный Wi-Fi пакет. Широковещательный пакет принимается всеми, независимо от адреса принимающего устройства. В разрабатываемой системе приемником является метка, а именно, микросхема ESP8266. Получая информацию о силе сигнала от каждого маршрутизатора и используя определенный математический аппарат, можно определить местоположение отслеживаемого объекта. Более подробно алгоритм будет описан ниже, но следует сказать, что количество излучателей должно быть не меньше трех – это минимально необходимое количество маршрутизаторов для определения координат метки в пространстве. Если рассмотреть широковещательный пакет более подробно, то он несет в себе следующую информацию: наименование сети, MAC – адрес, показатель уровня принимаемого сигнала (выражается в дБм), режим аутентификации, канал передачи данных.

Рассмотрим подробно каждый из параметров и выделим наиболее важные.

Имя сети – это бидж, который позволяет отличить одну беспроводную сеть от другой. Не является уникальным, можно создать бесконечное количество точек доступа с одинаковым именем. Задается пользователем.

MAC – адрес – это уникальный идентификатор, который присваивается каждому активному интерфейсу, подключенному к компьютерной сети. При проектировании стандарта Ethernet было принято, что каждый интерфейс должен обладать уникальным шестибайтным номером. Благодаря этому, зная MAC – адрес, можно однозначно определить подключенное устройство.

Показатель уровня принимаемого сигнала (RSSI) – полная мощность принимаемого устройством сигнала. Измеряется по логарифмической шкале в дБм (децибел относительно 1 милливатта).

Режим аутентификации описывает технологию шифрования данных для беспроводной сети. Основные спецификации: WPA-PSK/WPA2-PSK, TKIP, AES.

Канал передачи данных – это «подчастота» основной частоты 2.4 ГГц, на которой работает большинство Wi-Fi маршрутизаторов. Таких «подчастот» обычно около 12. Это делается для того, чтобы маршрутизаторы в процессе работы не создавали помехи своим «коллегам».

Минимальная информация, необходимая для определения местоположения – показатель уровня принимаемого сигнала. Но также необходимо однозначно идентифицировать излучатель. Для этих целей используется MAC – адрес. В процессе разработки прототипа системы использовались маршрутизаторы компаний Asus (рис. 8) и TP-LINK (рис. 7).



Рисунок 7. TP-LINK 841N



Рисунок 8. ASUS WL-500 Premium v2

В системе намеренно используется оборудование от разных производителей, это позволяет оценить влияние характеристик маршрутизатора на алгоритм определения местоположения и его точность. Технические характеристики оборудования приведены в таблицах 8 и 9, соответственно.

Таблица 8. Технические характеристики маршрутизатора ASUS WL-500 Premium v2

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Стандарты Wi-Fi                  | b, g      |
| Диапазон частот                  | 2,4 ГГц   |
| Максимальная скорость соединения | 54 Мбит/с |
| Мощность передатчика             | 19 дБм    |
| Коэффициент усиления             | 5 дБ      |

Таблица 9. Технические характеристики маршрутизатора TP-LINK

841N

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Стандарты Wi-Fi                  | b, g, n   |
| Диапазон частот                  | 2,4 ГГц   |
| Максимальная скорость соединения | 54 Мбит/с |
| Мощность передатчика             | 20 дБм    |
| Коэффициент усиления             | 5 дБ      |

Алгоритм работы метки предполагает подключение метки к одному из маршрутизаторов. Это делается для передачи данных с метки на сервер для их обработки. Список точек доступа и пароли к ним хранятся в метке.

### 2.3 Сервер

Сервером называется выделенный компьютер, предназначенный для выполнения сервисных задач без непосредственного участия человека. Главное отличие сервера от рабочей станции заключается лишь мерой участия человека в процессе работы. Аппаратная часть может быть одинаковой.

Сервер используется для получения данных от меток и автоматической обработки принятой информации. Сервер, который используется для разработки программного обеспечения, работает на операционной системе (ОС) Ubuntu 14.04 LTS. Данная ОС основана на Debian. Основным разработчиком является компания Canonical, но также проект активно развивается и поддерживается свободным сообществом. Ubuntu распространяется под защитой универсальной общедоступной лицензией. Система полностью бесплатна и может быть модифицирована по желанию пользователя. Технические характеристики сервера приведены в таблице 10.

Таблица 10. Технические характеристики сервера

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Операционная система    | Ubuntu 14.04  |
| Оперативная память      | 8 Гб          |
| Процессор               | Intel Core i3 |
| Жесткий диск            | 250 Гб        |
| Подключение к интернету | Да            |

Алгоритму обработки данных в данной ВКР посвящена отдельная глава, так как он заслуживает особенно пристального внимания.

Рассмотрим алгоритм получения данных (рис. 9). В первую очередь сервер проводит инициализацию параметров: IP-адрес и порт, по которому будет происходить передача данных. IP-адрес – уникальный адрес компьютера в сети, построенный по протоколу IP (internet protocol).

Порт – натуральное число, записываемое в заголовках протоколов транспортного уровня модели OSI. Порт используется для определения процесса-получателя в пределах одного хоста.

В процессе работы сервер использует сокеты. Сокет – программный интерфейс для обеспечения информационного обмена между процессами. Сокет создается в начале работы программы и закрывается лишь при полном выключении сервера. После того как сокет был создан, сервер ожидает подключения. При успешном подключении от клиента происходит прием данных. Если клиент установил соединение, но не передал данные в отведенный промежуток времени, то сервер закрывает соединение и ожидает нового подключения. Это позволяет предотвратить «зависание» каналов клиент – сервер. После получения данных, они записываются в файл и формируется ответ клиенту. Ответ состоит из «флага» получения пакета и времени, в которое данные были получены. Далее происходит закрытие соединения и сервер ожидает нового подключения.

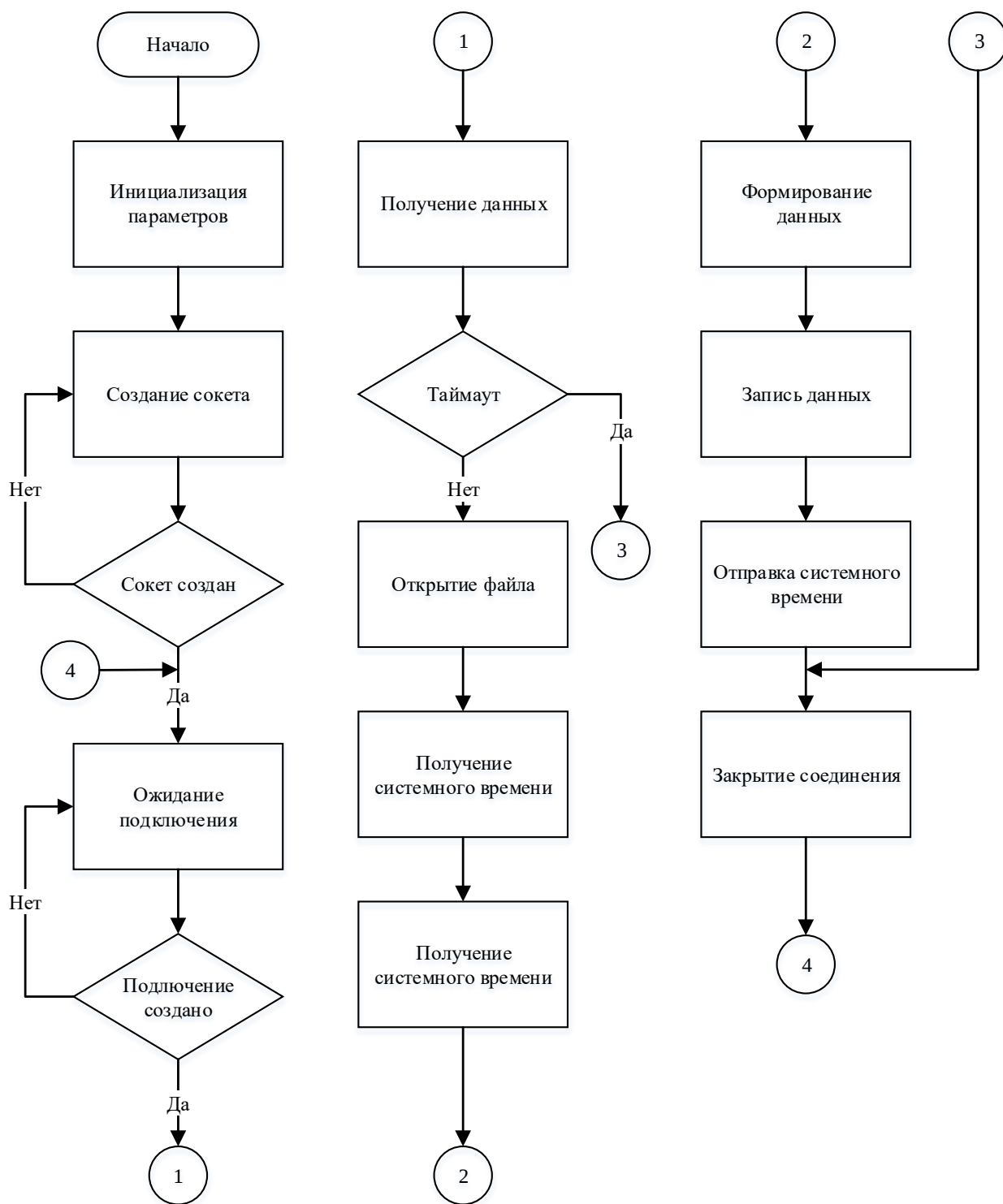


Рисунок 9. Алгоритм работы сервера при получении данных

## 2.4 WiFi маяки

iBeacon – это протокол, разработанный компанией Apple и представленный на Apple Worldwide Developers Conference в 2013 году. С тех пор многие производители занялись производством iBeacon совместимых передатчиков. В общем эти устройства называют маяками. Причем, они используют Bluetooth версии 4.0 LE (Low Energy). Каждый маяк рассылает свой идентификатор и сервисную информацию всем близлежащим устройствам. Это позволяет определить, что именно за устройство отправило пакет и приблизительное расстояние до него. Ранее рассмотренный модуль НМ-10 позволяет не только сканировать Bluetooth маяки, но и работать в режиме маяка. Спецификация iBeacon строго описывает структуру пакета. Рассмотрим ее более подробно (рис.10).

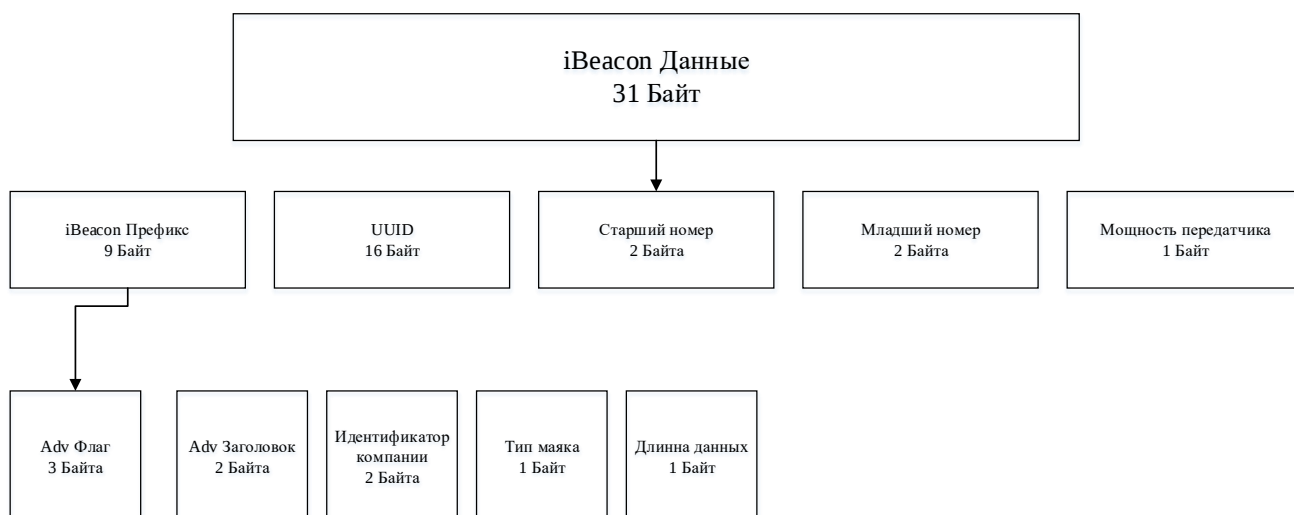


Рисунок 10. Структура iBeacon пакета

Метка собирает данные со всех близлежащих маяков и отправляет эту информацию на сервер, где и происходит определение местоположения объекта. Алгоритм отправки данных был описан выше, а алгоритм определения местоположения и построения треков покупателей будет описан в отдельной главе.

### **3. Разработка алгоритма работы системы**

Подробно рассмотрев оборудование, особое внимание стоит обратить на алгоритмы, применяемые в системе автоматического учета продаж и востребованности товаров для супермаркетов. Как было описано ранее, для определения местоположения используется Wi-Fi и Bluetooth сигналы. Преобразуя информацию о силе сигнала в расстояние и используя метод трилатерации, можно определить местоположение клиента в магазине. В первую очередь разберем, как же принимается и обрабатывается, поступающая с меток информация. После того, как сервер получил данные и сохранил их в файл, происходит обработка данных. Возможны два варианта: автоматическая и ручная обработка. Первая выполняется автоматически и без участия человека, а вторая представляет программу, которая позволяет поэтапно выполнить все шаги в ручном режиме. Так как оба способа реализуют абсолютно идентичные алгоритмы, то рассмотрим работу системы в ручном режиме. Для этого на языке Python я написал программу. Её название Position detector. Она реализует все методы необходимые для работы с данными в графическом интерфейсе пользователя. Интерфейс программы представлен на рисунке 11.

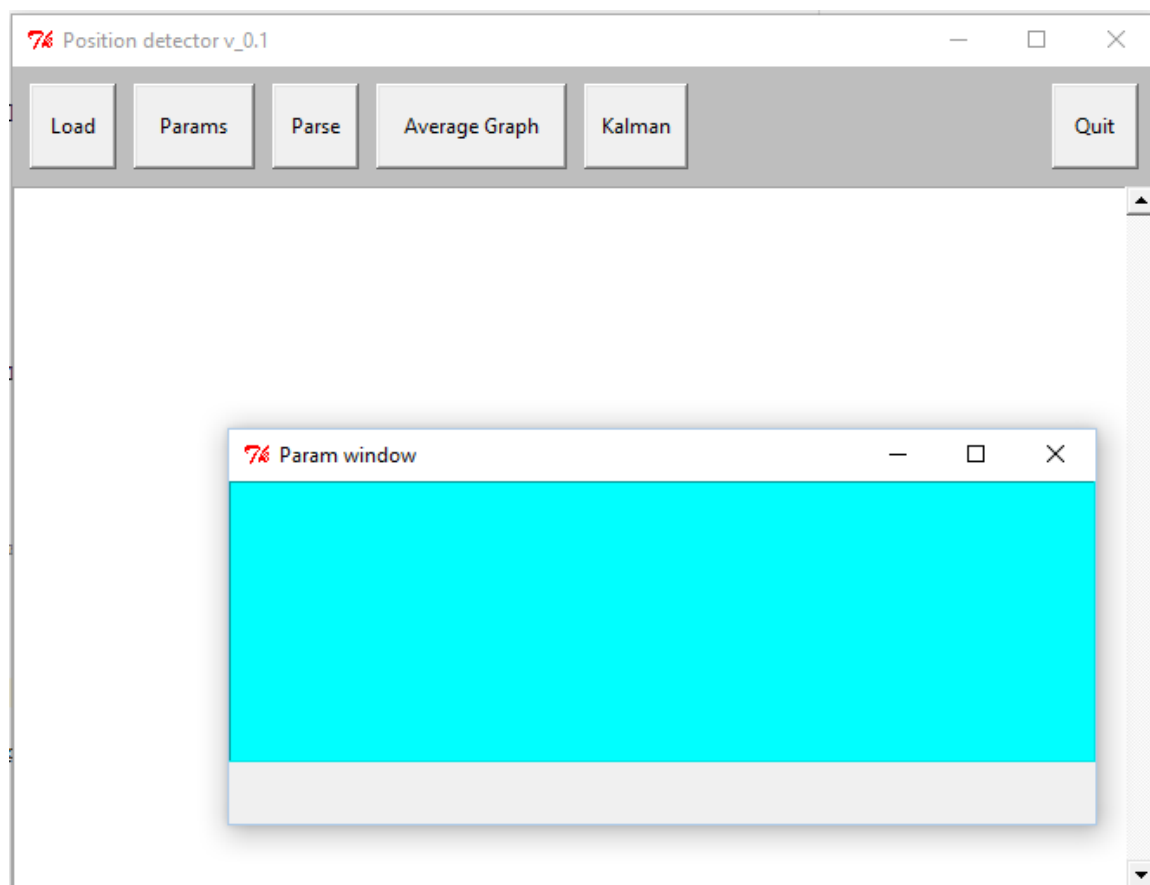


Рисунок 11. Программа Position detector

Программа состоит из двух окон: основного окна и окна параметров. Если необходимо построить графики, то создаются дополнительные окна. На главной панели имеется ряд кнопок: Load, Params, Parse, Average Graph, Kalman и Quit.

Load – позволяет загрузить данные в программу. Имеется два основных формата данных: “.tmin” и “.signal”. Первый хранит «сырые» данные, которые получил сервер и записал в файл. В нем можно найти информацию обо всех маршрутизаторах и маяках, которые были просканированы меткой в процессе работы. Формат “.signal” хранит только показания уровня сигнала за весь период работы метки. Причем, каждому маршрутизатору и маяку соответствует отдельный файл. При нажатии на кнопку Load, появляется контекстное меню (рис. 12).

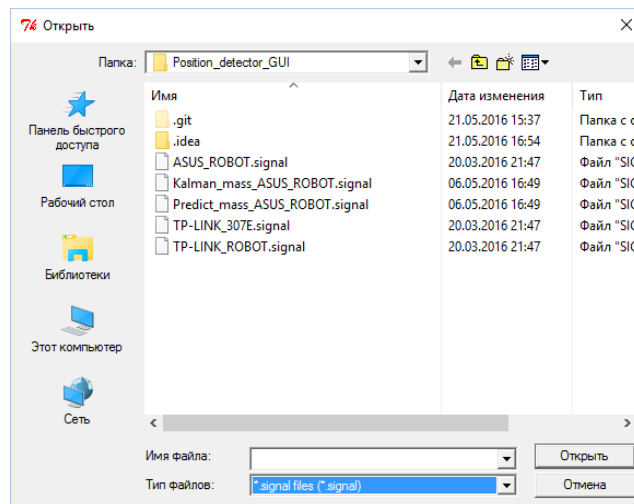


Рисунок 12. Контекстное меню кнопки Load

Params – отображает информацию о файле в окне параметров. Данная функция работает только с файлами, которые имеют расширение “.signal”. При нажатии на клавишу пользователь получит следующую информацию: математическое ожидание, дисперсию сигнала, число измерений и название файла.

Parse – команда предназначенная для преобразования файлов с расширением “.tmin”, в файл с расширением “.signal”. Задача этой функции распределить показания маршрутизаторов и маяков по файлам, в соответствии, с именем. Файлы до и после преобразования приведены на рисунках 13 и 14, соответственно.

```
Melchior:-73|TPU Press:-79|TPU Guest:-79|TPU VIP:-80|TPU Hostels:-81|eduroam:-81|SEEnet:
Melchior:-71|eduroam:-77|TPU Press:-77|TPU Guest:-78|TPU Public:-77|TPU VIP:-78|TPU Host
TPU Press:-76|TPU Guest:-76|Melchior:-65|TPU Public:-75|TPU Hostels:-75|TP-LINK_ROBOT:-8
Melchior:-71|TPU Hostels:-79|eduroam:-80|TPU Press:-78|TPU Guest:-81|TPU Desktop:-80|TPU
TPU Guest:-76|TPU Public:-82|TPU Hostels:-76|TPU Desktop:-76|eduroam:-76|TPU VIP:-76|TPU
TPU Hostels:-79|eduroam:-80|TPU VIP:-76|TPU Press:-77|TPU Guest:-76|TPU Desktop:-76|Melc
TPU Guest:-75|TPU Hostels:-81|Melchior:-64|TPU Public:-79|TPU VIP:-79|eduroam:-78|TPU P
TPU Hostels:-78|TPU Desktop:-82|eduroam:-78|TPU VIP:-78|TPU Press:-78|Melchior:-67|TPU I
Melchior:-65|TPU VIP:-80|TPU Desktop:-80|TPU Public:-76|TPU Hostels:-76|TPU Press:-78|TP
TPU Guest:-78|TPU Public:-84|TPU Hostels:-81|TPU Desktop:-81|eduroam:-81|TPU VIP:-80|TPU
Melchior:-66|ELTEX_113:-92|TPU Desktop:-82|TPU Public:-80|TPU Hostels:-78|eduroam:-78|TP
Melchior:-67|TPU VIP:-80|TPU Press:-83|TPU Guest:-79|TPU Desktop:-80|TPU Public:-81|TPU
Melchior:-64|eduroam:-81|TPU Desktop:-78|TPU Public:-79|TPU VIP:-79|TPU Hostels:-79|TP-L
Melchior:-67|TPU Hostels:-81|TPU Press:-81|TPU Guest:-80|TPU Desktop:-80|TPU Public:-81|
```

Рисунок 13. Структура файла с расширением “.tmin”

-33  
-34  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-33  
-34  
-33  
-33

Рисунок 14. Структура файла с расширение “.signal”

Между файлами видна огромная разница, как говорилось ранее, один содержит полную информацию, а другой лишь значения сигнала для одного маршрутизатора или маяка.

Average graph – функция построения графиков. После нажатия кнопки, программа строит следующие графики: уровень принимаемого сигнала, дисперсию, математическое ожидание и график скользящего среднего третьего порядка. Пример работы функции Average graph приведен на рисунке 15.

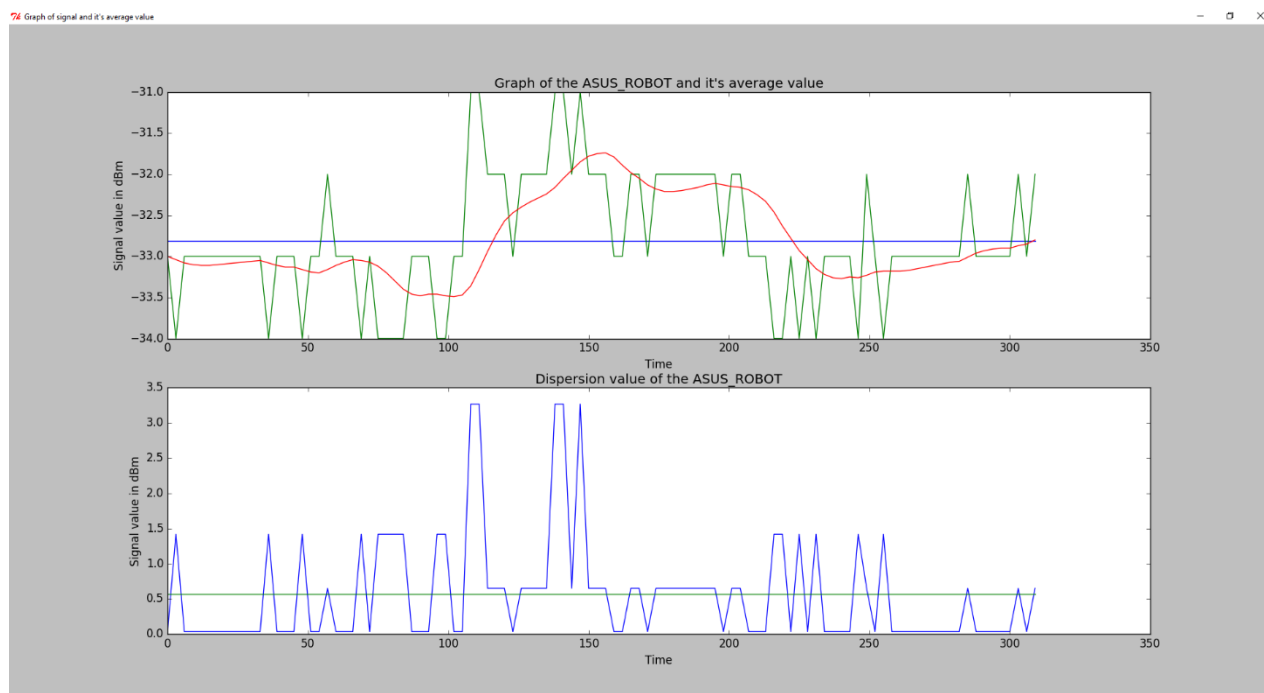


Рисунок 15. Пример работы функции average graph

Kalman – запускает фильтр Калмана для открытого сигнала. Более подробно будет рассмотрен позднее.

Quit – кнопка выхода из программы.

Одним из основных преимуществ разработанного программного обеспечения (ПО) можно считать кроссплатформенность. Не важно, на какой операционной системе работает сервер, достаточно произвести установку и настройку ПО и система будет готова к использованию.

После того, как были получены данные, необходимо получить расстояние до излучателя, исходя из уровня принимаемого сигнала. Далее, используя метод трилатерации, мы получим местоположение объекта, который пытаемся отследить. Проведя ряд экспериментов для статичных объектов: метка и маршрутизатор неподвижны относительно друг друга и стоят на одной линии, мы получили графики с большим количеством шума. В идеальном случае сигнал должен быть постоянным и придерживаться постоянного уровня, но в ходе экспериментов были выявлены его постоянные флуктуации. Характер этих отклонений абсолютно случайный. При одних и тех же условиях мы получаем абсолютно разные значения сигнала. На рисунке 16 приведен график зависимости силы сигнала от времени. Измерения производились для статичных маршрутизатора и метки, расстояние – 463 сантиметра.

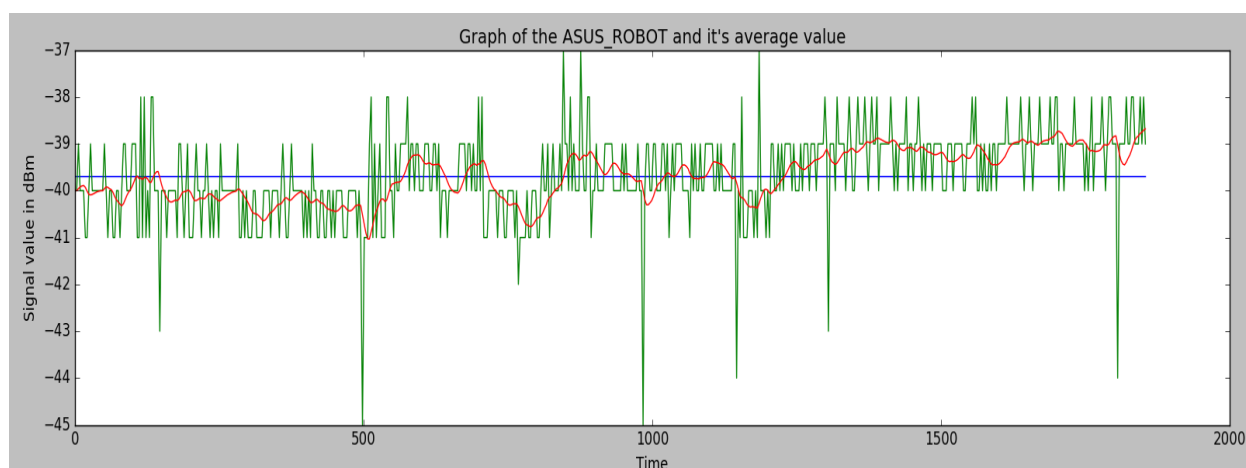


Рисунок 16. График уровня сигнала во времени

Синим цветом на рис. 16 изображено среднее значение сигнала во времени, а зеленым цветом показан график уровня сигнала во времени. Очевидно, что не имеет смысла определять местоположение, опираясь на имеющиеся данные. Было принято решение использовать фильтры. Таким образом, можно решить проблему с флуктуациями и снизить разброс показаний. По рекомендации научного руководителя, был выбран фильтр скользящего среднего третьего порядка с размером окна в 5 измерений.

Скользящее среднее – разновидность цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой, использующегося для обработки сигналов и

изображений в системах автоматического управления и для других прикладных целей.

Фильтр с конечной импульсной характеристикой – один из видов линейных цифровых фильтров, характерной особенностью которого является ограниченность по времени его импульсной характеристики (с какого-то момента времени она становится точно равной нулю).

Так как используется фильтр третьего порядка, то необходимо рассчитывать фильтр первого и второго порядка в связи с тем, что скользящее среднее  $n$ -ого порядка, использует информацию  $n-1$ -ого фильтра и так далее.

Запишем общую формулу (1) для экспоненциального скользящего среднего. Меняя параметры, можно получить формулы первого, второго и третьего порядков.

$$x^{(n)} = \alpha \cdot x_{(t)}^{(n-1)} + (1 - \alpha) \cdot x_{(t-1)}^{(n)}, \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2}{p + 1} \quad (2)$$

где  $n$  – порядок фильтра,  $t$  – точка в которой считаем значение фильтра,  $\alpha$  – сглаживающая константа,  $p$  – размер окна.

Рассмотрим работу скользящего среднего на различных выборках данных. Ниже приведены графики различных выборок до фильтрации и после (рис. 17 и рис. 18).

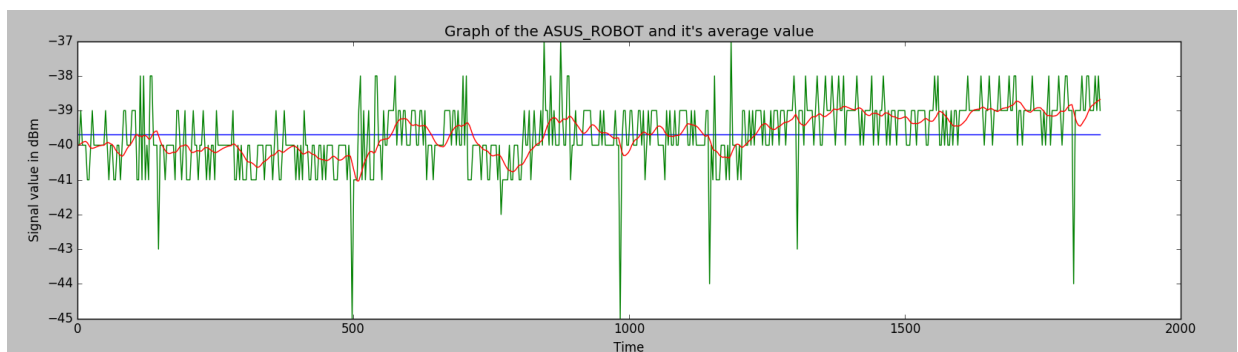


Рисунок 17. Уровень принимаемого сигнала на расстоянии 463 сантиметра (до фильтрации и после)

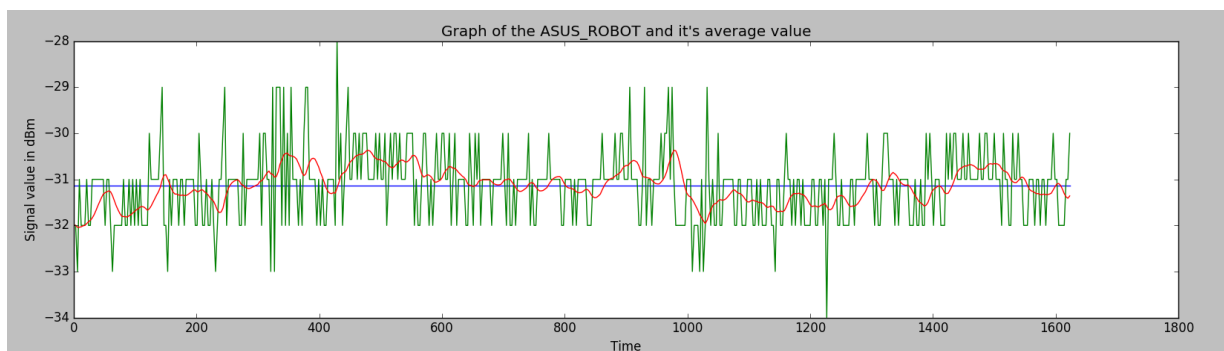


Рисунок 18. Уровень принимаемого сигнала на расстоянии 141 сантиметр (до фильтрации и после)

На обоих рисунках можно видеть по три графика: зеленый – исходный сигнал, красный – фильтрованный сигнал, синий – математическое ожидание. Благодаря использованию экспоненциального скользящего среднего, мы избавились от постоянных пиков. Красный график более плавный и не содержит резких пиков. Так же видно, что красный график очень близок к математическому ожиданию (среднему значению) сигнала, это говорит о его высокой точности. Следующим шагом необходимо рассчитать расстояние между маршрутизатором и приемником (это необходимо для оценки работы фильтра). Для устройств, работающих по стандартам Wi-Fi и Bluetooth 4.0, RSSI является единственным параметром, позволяющим измерить расстояние от устройства до базовой станции или маяка. RSSI (received signal strength indicator) – показатель уровня принимаемого сигнала.

Запишем формулу, которая позволяет определить расстояние до передатчика, опираясь на RSSI:

$$P_d = P_0 - 10 \cdot n \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3),$$

где  $P_d$  – RSSI,  $P_0$  – мощность сигнала, измеренная на единичном расстоянии от приемника,  $n$  – коэффициент потери мощности сигнала в среде,  $d$  – расстояние от устройства до передатчика,  $d_0$  – расстояние от устройства до точки, где производились замеры сигнала  $P_0$ . Эта формула была реализована в программе.

Возьмем произвольную выборку данных и воспользовавшись формулой (3) получим расстояние между маршрутизатором и меткой. Построим графики зависимости расстояния от времени (с применением фильтра и без). Сравним графики (рис. 19).

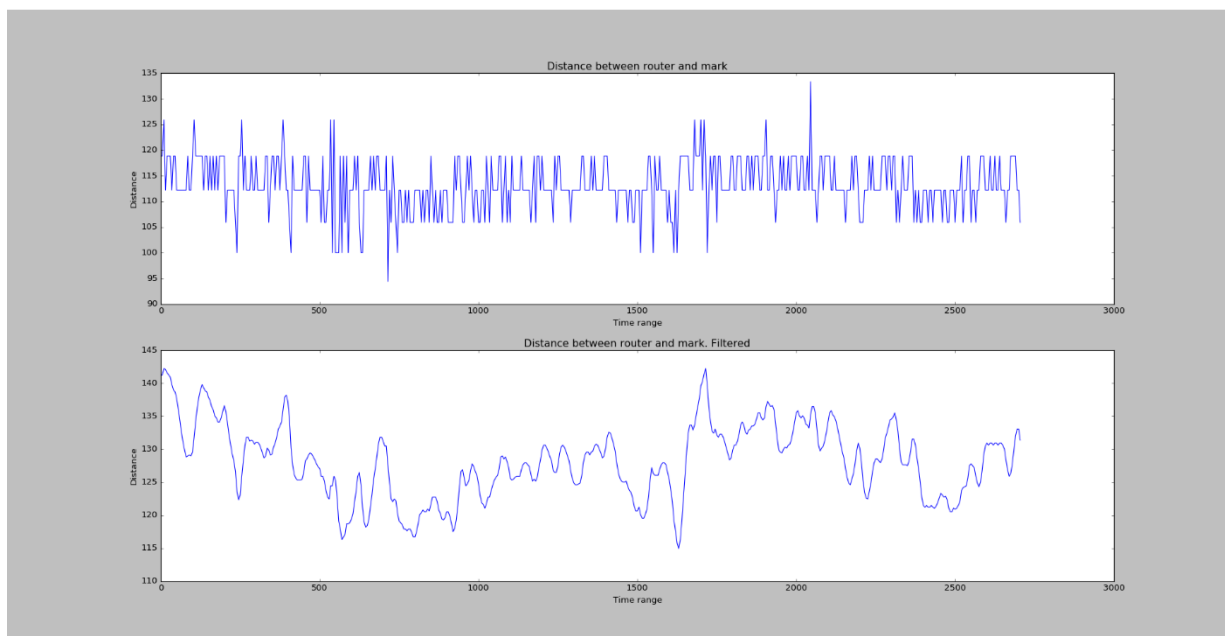


Рисунок 19. Расстояние между маршрутизатором и приемником

Верхний график отражает изменения расстояния между маршрутизатором и приемником (для расчета использовался «чистый» сигнал, без применения фильтра). Стоит учесть, что в процессе измерения силы сигнала, расстояние не изменялось, было большое количество выбросов и помех в сигнале, это значительно снижает точность определения местоположения.

Второй график показывает тот же сигнал, но с применением экспоненциального скользящего среднего. График более плавный, но изменились значения расстояния. Фильтр сместил график, увеличилась точность позиционирования.

Рассмотрим такой же опыт (рис. 20), но на другом расстоянии (463 сантиметра). До этого замеры производились на расстоянии 141 сантиметра.

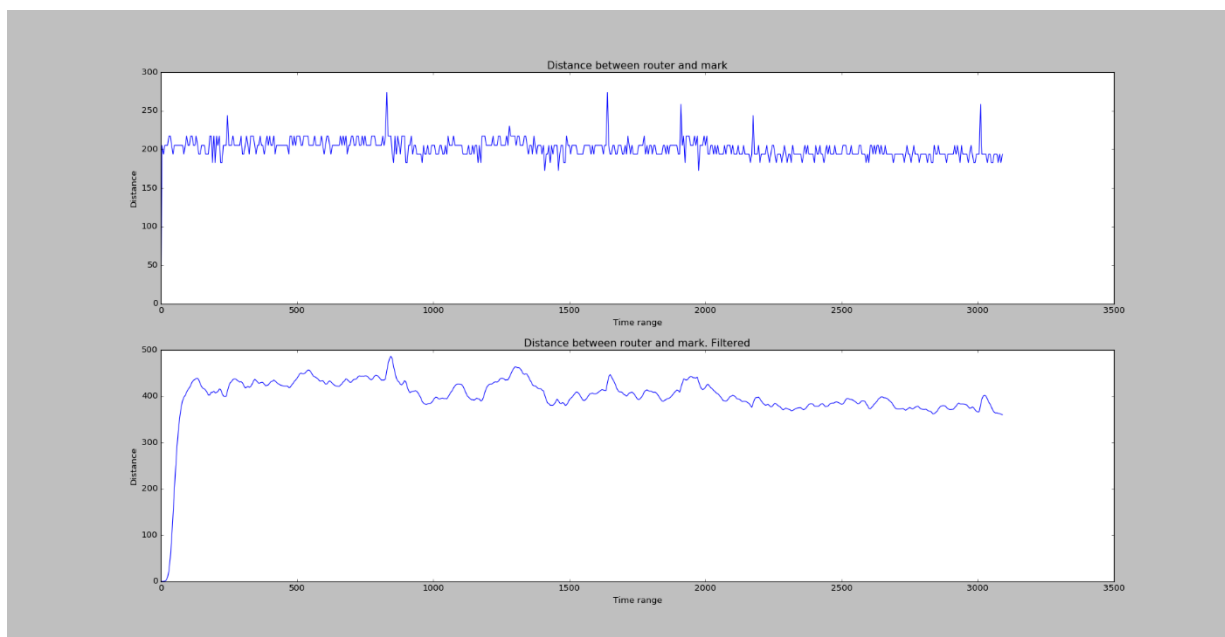


Рисунок 20. Расстояние между маршрутизатором и меткой

Наблюдается похожая картина, флуктуации сигнала. Фильтр улучшает показания и увеличивает точность. Но как именно трактовать сдвиг показаний при использовании фильтра – неизвестно. В этой связи было принято решение провести поиск фильтра и рассмотреть наиболее популярные способы фильтрации сигнала. Наиболее подходящим оказался фильтр Калмана, он является одним из основных способов фильтрации сигнала в задачах определения местоположения.

Фильтр Калмана – эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и зашумленных измерений. Назван в честь Рудольфа Калмана. Фильтр Калмана [8]-[15] широко используется в инженерных и эконометрических приложениях: от радаров и систем технического зрения до оценок параметров макроэкономических моделей.

Фильтр Калмана убирает шумы измерения (случайные всплески) и выдаёт результат как с учетом результатов текущих измерений, так и с учётом предсказанных результатов на основе прошлых измерений. Фильтр использует динамическую модель системы (закон движения) и две повторяющиеся циклически стадии: предсказание и корректировка. На первом этапе (предсказании) программа рассчитывает состояние системы в

следующий момент времени, а на втором (корректировке) – корректирует прогноз, используя результат очередного измерения. Схематическое описание алгоритма работы фильтра Калмана приведено на рисунке 21.

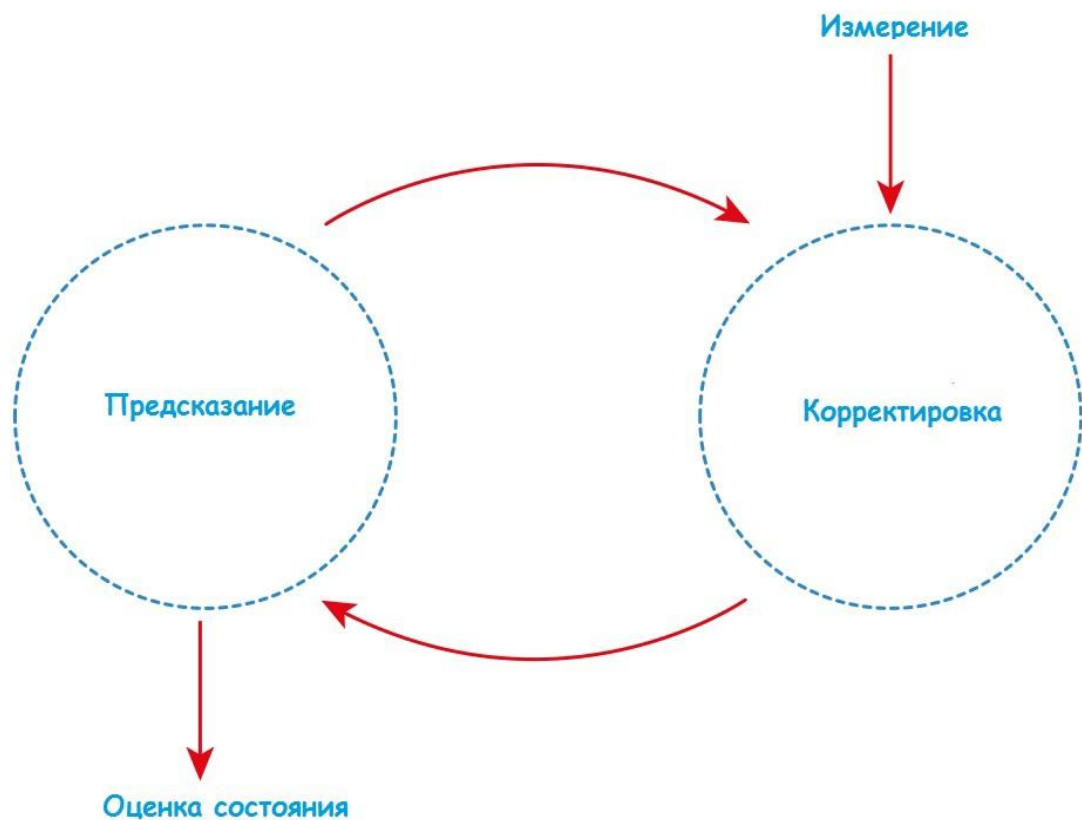


Рисунок 21. Схематическое описание работы фильтра Калмана

Алгоритму фильтра требуется информация о дисперсии сигнала и математическом ожидании. Математическое ожидание – ничто иное, как среднее значение случайной величины. Дисперсия – мера разброса данной случайной величины, то есть её отклонения от математического ожидания.

Если дисперсия не зависит от расстояния и времени, то мы можем принять ее как постоянную величину. Было принято решение, провести ряд экспериментов, на основе которых можно сделать вывод: можно считать дисперсию постоянной величиной или нет. Результаты экспериментов приведены на рисунках 22 и 23.

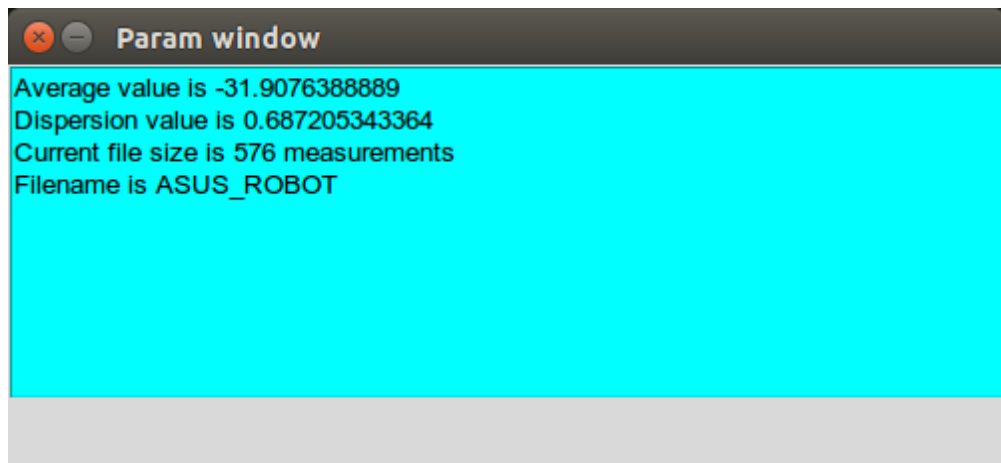


Рисунок 22. Параметры сигнала на расстоянии 235 сантиметров

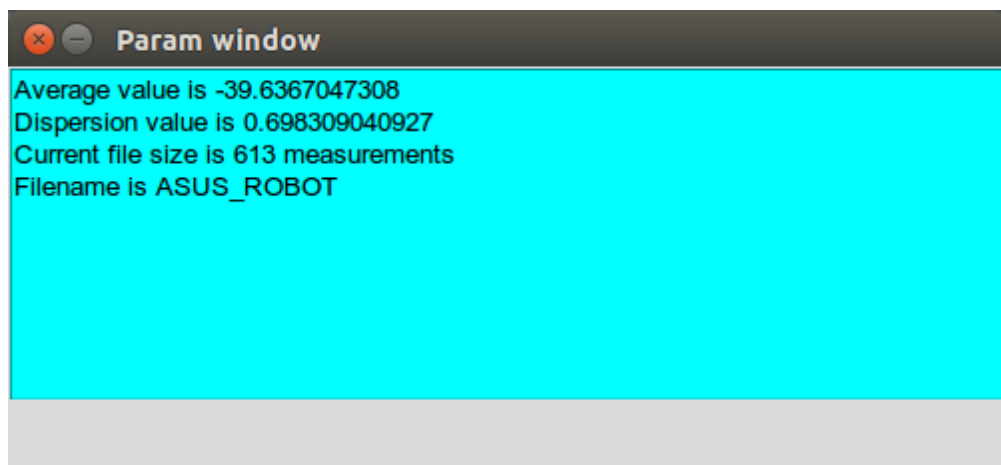


Рисунок 23. Параметры сигнала на расстоянии 463 сантиметра

Исходя из показаний, можно сделать вывод, что дисперсия не изменяется и принять ее постоянной величиной. Следует отметить, что для каждого маршрутизатора и маяка следует определять свою дисперсию. Как говорилось ранее, фильтр состоит из двух основных функций: предсказания и корректировки. Рассмотрим более подробно каждую из них.

### ***Функция корректировки***

Предположим, что у нас имеется два состояния  $S_1$  и  $S_2$  (рис. 24). Каждое из них имеет дисперсию  $d_1$  и  $d_2$ , математическое ожидание  $m_1$  и  $m_2$ , соответственно.

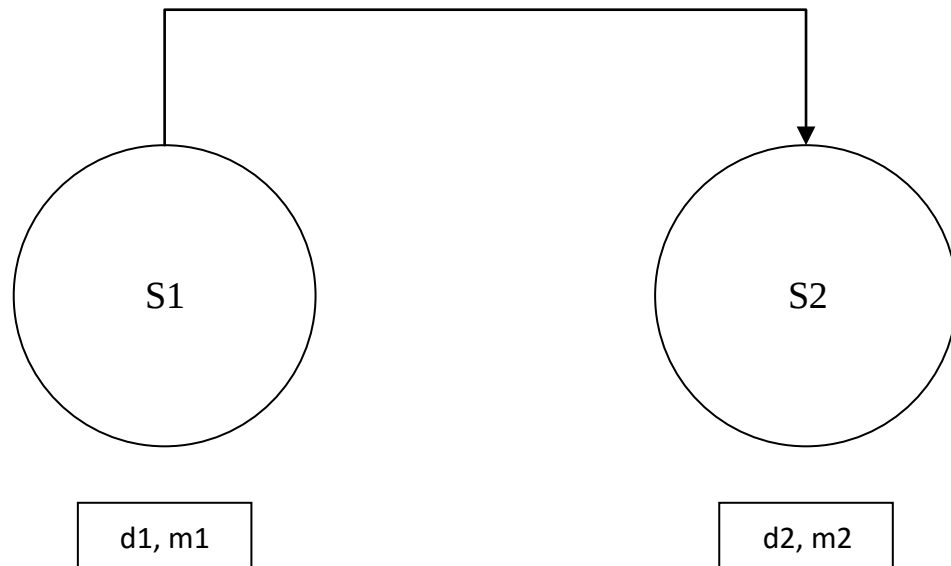


Рисунок 24. Схематическое отображение функции корректировки состояний

При переходе из состояния  $S_1$  в состояние  $S_2$ , необходимо рассчитать новые дисперсию и математическое ожидание. Получим:

$$m = \frac{m_1 \cdot d_2 + m_2 \cdot d_1}{d_1 + d_2} \quad (4),$$

где  $m$  – математическое ожидание в новом состоянии

$$d = \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}}, \quad (5),$$

где  $d$  – дисперсия в новом состоянии.

### ***Функция предсказания***

В процессе движения фильтр пытается предсказать новое состояние объекта. Формулы, описывающие эту функцию, приведены ниже:

$$m = m_1 + m_2, \quad (6),$$

где  $m$  – новое математическое ожидание;

$$d = d_1 + d_2, \quad (7),$$

где  $d$  – новая дисперсия.

Фильтр пытается предсказать, какими будут параметры. Новая дисперсия равна дисперсии в предыдущем состоянии плюс дисперсия движения. А что касается математического ожидания, то новое математическое ожидание равно сумме мат. ожидания в первом состоянии плюс смещение ожидания в процессе движения.

Данные функции были реализованы в коде. Функция `predict` отвечает за предсказание, а `update` за корректировку.

```
1. def update (mean_old, disp_old, mean_new, disp_new):
2.     result_mean = (mean_old * disp_new + mean_new*disp_old)/(disp_old + disp_new)
3.     result_disp = 1/(1/disp_old + 1/disp_new)
4.     return [result_mean, result_disp]
5.
6. def predict (mean_old, disp_old, mean_new, disp_new):
7.     result_mean = mean_old + mean_new
8.     result_disp = disp_old + disp_new
9.     return [result_mean, result_disp]
```

Фильтр Калмана прекрасно справляется с поставленной задачей и уменьшает флуктуации в сигнале. Пример работы фильтра приведен на рисунке 25. Сложность заключается в настройке параметров фильтра. Очень важно правильно рассчитать математическое ожидание и вычислить дисперсию процессов. Синий график (рис. 25) – фильтрованный сигнал, а зеленый – исходный сигнал. Замеры производились в движении. Метка передвигалась по аудитории и замеряла силу сигнала в различных точках.

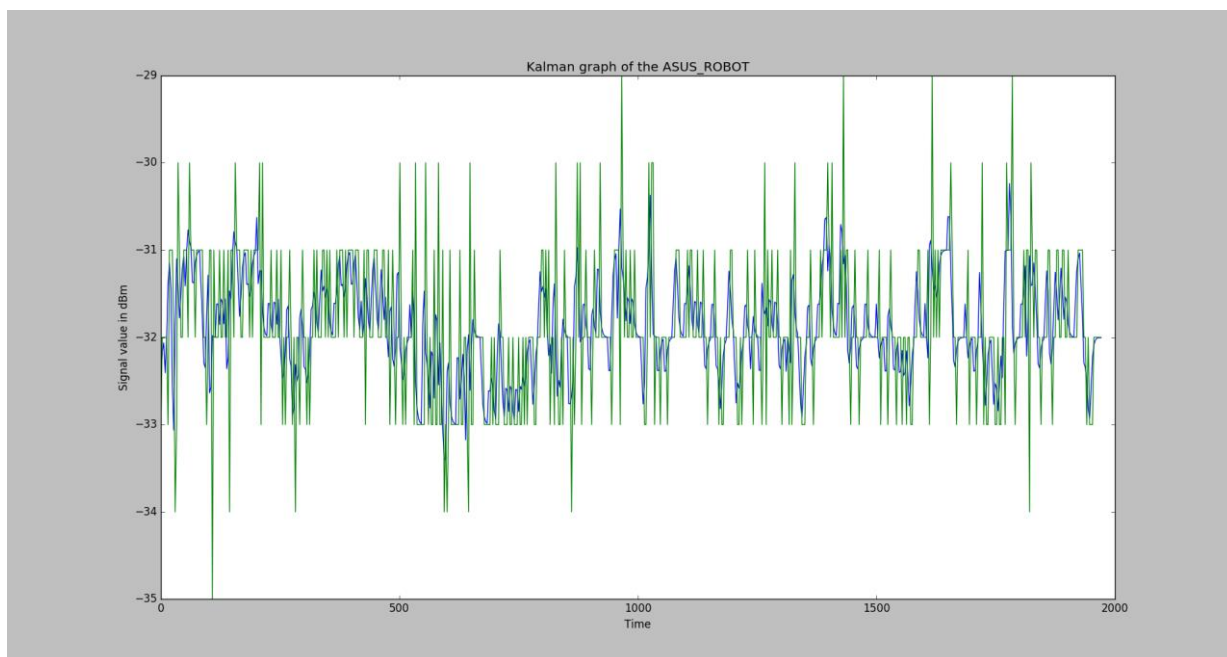


Рисунок 25. Пример работы фильтра Калмана

После того, как был найден способ эффективной фильтрации сигнала, мы перешли к этапу определения местоположения. Стоит отметить, что технология iBeacon предполагает автоматическое определение расстояние до приемника. Фильтрация сигнала от маяков реализована точно таким же способом, как и фильтрация сигнала от Wi-Fi маршрутизаторов. Чтобы использовать показания обоих источников, вводится коэффициент доверия. Чем выше коэффициент, тем больше система опирается на показание при расчёте текущего местоположения. Например: в определенной точке помещения, где сигнал маяка ровный и постоянный, система считает коэффициент доверия, равным 0.7. Но при этом коэффициент доверия маршрутизатора в этой же точке равен 0.1. Тогда, рассчитывая местоположение, программа сделает больший упор на позиционирование по Bluetooth маякам, нежели чем на Wi-Fi маршрутизатор. Для определения местоположения используется трилатерация плюс технология определения местоположения с использованием меток, она не будет описана, так как планируется написание патента в рамках гранта «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере». Схематическое описание трилатерации приведено на рисунке 26.

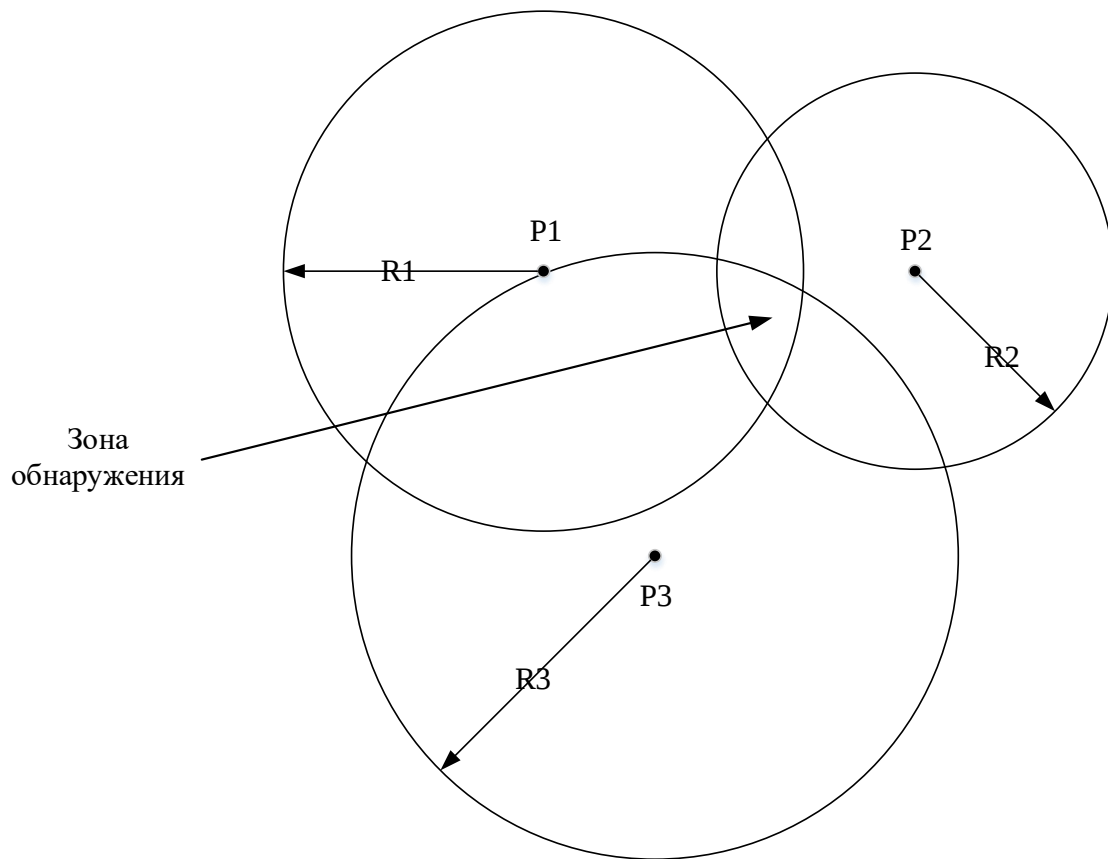


Рисунок 26. Схематическое описание трилатерации

В точках  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  находятся излучатели, исходящий сигнал распространяется на расстояния  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  соответственно. В области, где пересекаются три окружности, находится отслеживаемый объект. Для нахождения координат воспользуемся уравнениями окружности.

$$\begin{aligned} R_1^2 &= (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \\ R_2^2 &= (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \\ R_3^2 &= (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \end{aligned} \quad (8)$$

где  $x, y$  – координаты отслеживаемого объекта,  $x_1$  и  $y_1$ ,  $x_2$  и  $y_2$ ,  $x_3$  и  $y_3$  – координаты точек  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  соответственно

Чтобы протестировать систему, был проведен следующий опыт: метку прикрепили к человеку и заставили его пройти по «квадрату». Результат опыта приведен на рисунке 27.

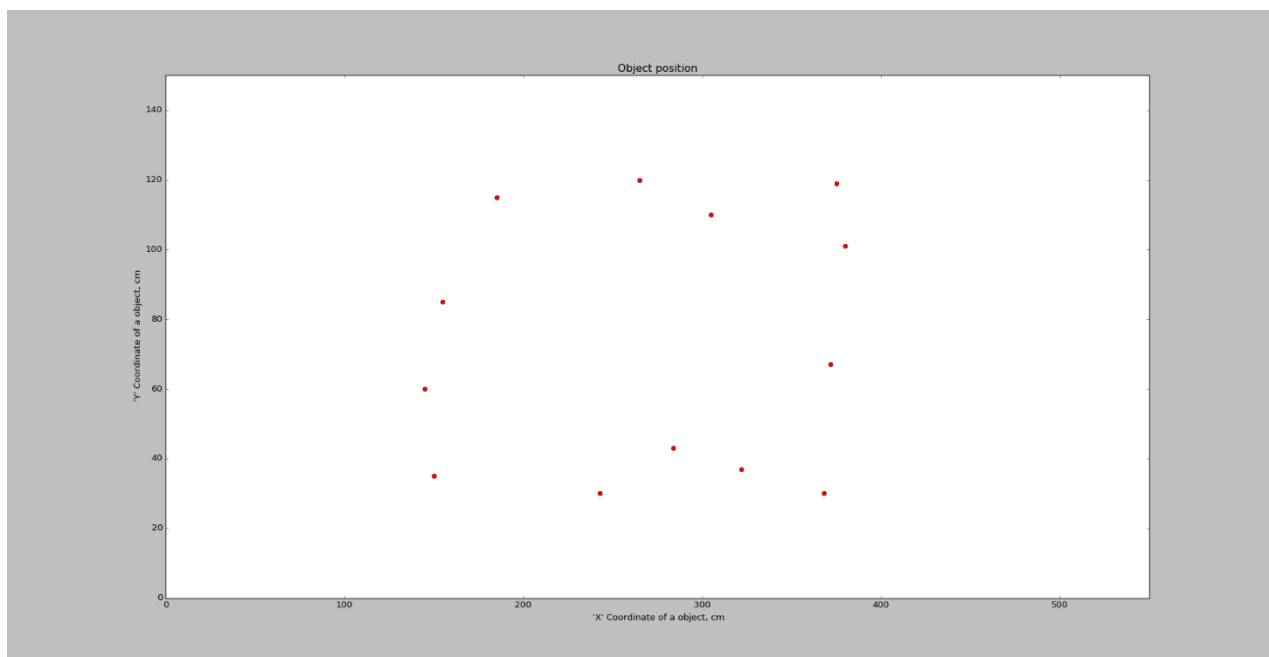


Рисунок 27. График перемещения метки по квадрату

Из графика видно, что система работает с погрешностью порядка 15 сантиметров. Но этот показатель значительно меньше, чем при использовании «чистого» сигнала с маршрутизатора или метки.

После получения трека клиента по магазину, необходимо привязать его к чеку. Идентификация клиента производится, когда тележка или корзинка пересекает кассу, метка передает свой номер на сервер. Каждому номеру привязывается маршрут и стоимость чека по этому маршруту. Далее менеджеры магазина смогут получить эту информацию и сделать выводы: какие товары наиболее интересны покупателю, а какие менее.

Так как система привязывает маршрут к конкретному человеку, то можно проследить возле каких продуктов он чаще всего бывает и проводит больше всего времени. Это позволит ввести систему так называемых «персональных скидок». Магазины смогут генерировать персональные предложения с товарами, что увеличит заинтересованность покупателей именно в этой торговой точке.

#### **4. Результаты проведенного исследования**

В результате выполнения представленной диссертации была разработана система автоматического учета продаж и востребованности товаров. Разработана принципиальная схема системы и выбрано оборудование. Разработан метод определения местоположения с использованием активной Wi-Fi/Bluetooth метки.

В процессе разработки было написано программное обеспечение. Оно позволяет определять местоположение в ручном и автоматическом режиме. Исследовано влияние характеристики маршрутизатора и маяка на точность системы автоматического учета.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| Группа | ФИО                          |
| 8ЕМ41  | Пантюхин Александр Романович |

|                     |         |                           |                                      |
|---------------------|---------|---------------------------|--------------------------------------|
| Институт            | ИК      | Кафедра                   | ИКСУ                                 |
| Уровень образования | Магистр | Направление/специальность | 15.04.06 Мехатроника и робототехника |

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Стоимость оборудования – 69500 руб.;</li> <li>– Тариф на электроэнергию – 5,257 руб./кВт·ч.;</li> <li>– Оклад инженера – 7483,6 руб. в месяц;</li> <li>– Оклад руководителя проекта – 32162,9 руб. в месяц.</li> </ul> |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | – Годовая норма амортизации составляет 40 %.                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | <p>Размеры отчислений в:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Пенсионный фонд – 22 %;</li> <li>– Фонд социального страхования – 2,9 %;</li> <li>– Федеральный фонд обязательного медицинского страхования – 5.1 %;</li> </ul> <p>Ставка НДС – 18 %.</p> |

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Организация и планирование работ           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Приведение перечня работ по проекту;</li> <li>– Определение продолжительности этапов работ и составление линейного графика работ;</li> <li>– Расчет накопления готовности проекта.</li> </ul>       |
| 2. Расчет затрат на выполнение проекта        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет сметы затрат на выполнение проекта по статьям расходов;</li> <li>– Расчет полной цены разработки проекта.</li> </ul>                                                                         |
| 3. Оценка экономической эффективности проекта | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение типа эффекта, который производит реализация проекта;</li> <li>– Определение факторов экономического эффекта;</li> <li>– Расчет количественной оценки экономического эффекта.</li> </ul> |
| 4. Оценка научно-технического уровня работ    | Расчет интегрального показателя научно-технического уровня работ на основе количественной оценки факторов научно-технического уровня работ.                                                                                                  |

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Таблица трудозатрат на выполнение проекта
2. Линейный график выполнения работ

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 10.10.2015 |
|------------------------------------------------------|------------|

Задание выдал консультант:

|                 |                  |                        |         |      |
|-----------------|------------------|------------------------|---------|------|
| Должность       | ФИО              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент каф. МЕН | В.Ю. Конотопский | К.Э.Н.                 |         |      |

Задание принял к исполнению студент:

|        |               |         |      |
|--------|---------------|---------|------|
| Группа | ФИО           | Подпись | Дата |
| 8ЕМ41  | А.Р. Пантюхин |         |      |

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение**

### **Введение**

Увеличение эффективности продаж основано на использовании самых современных методов и форм управления, именно поэтому использование систем автоматического сбора информации – главный тренд в автоматизации бизнес процессов.

Целью проведения научно-исследовательской работы является создание системы автоматического учета и увеличения продаж в супермаркете. Благодаря изучению комплексной информации о перемещениях покупателей по территории супермаркета, можно спрогнозировать маршрут и повысить продажи.

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

## 5.1 Затраты по основной заработной плате исполнителей темы

Определение трудоемкости выполнения работ основными исполнителями темы.

Процесс разработки делится на три этапа:

- подготовительный;
- основной;
- заключительный.

Продолжительность работ ( $t_{ож}$ ) определяется либо по нормативам (с использованием специальных справочников) для каждого исполнителя в отдельности, либо расчетом с помощью экспертных оценок по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (9)$$

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость работ, ч.-дн.;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость работ, ч.-дн.

Сроки  $t_{min}$  и  $t_{max}$  устанавливает руководитель.

Для расчета заработной платы основных исполнителей проекта необходимо ожидаемое время перевести в рабочее, для этого нужно:

$$T_{раб} = t_{ож} \cdot K_d, \quad (11)$$

где  $K_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ( $K_d=1.2$ ).

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{кд} = t_{раб} \times t_k, \text{ кал. Дн.}, \quad (12)$$

где:  $t_{кд}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$t_k$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$t_k = \frac{t_{кз}}{t_{кз} - t_{вд} - t_{пд}}, \quad (13)$$

где:  $t_{кг}$  – количество календарных дней в году;

$t_{вд}$  – количество выходных дней в году;

$t_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

$$t_k = \frac{365}{365 - 65} = 1.22$$

Результаты расчетов представлены в таблице 12. Этапы работы представлены в таблице 11

Таблица 11. Этапы работы над проектом

| Этапы работы                                        | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР          | НР — 100%             |
| Составление и утверждение ТЗ                        | НР, И       | НР — 100%<br>И — 40%  |
| Изучение литературы                                 | И           | И — 100%              |
| Разработка архитектуры системы                      | НР, И       | НР — 50%<br>И — 100%  |
| Разработка программного обеспечения метки           | И           | И — 100%              |
| Разработка программного обеспечения сервера         | И           | И — 100%              |
| Внедрение алгоритмов фильтрации                     | НР, И       | НР — 40%<br>И — 100%  |
| Оформление расчетно-пояснительной записки           | И           | И — 100%              |
| Тестирование системы                                | И           | И — 100%              |
| Подведение итогов                                   | НР, И       | НР — 70%<br>И — 100%  |

НР – научный руководитель, И – Инженер

Таблица 12. Трудоемкость выполнения работ в проекте

| Этап                                                | Исполнители | Продолжительность работы, дни |            |                 | Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн. |       |          |       |
|-----------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|------------|-----------------|---------------------------------------------|-------|----------|-------|
|                                                     |             | $t_{\min}$                    | $t_{\max}$ | $t_{\text{ож}}$ | $T_{PD}$                                    |       | $T_{KD}$ |       |
|                                                     |             |                               |            |                 | НР                                          | И     | НР       | И     |
| 1                                                   | 2           | 3                             | 4          | 5               | 6                                           | 7     | 8        | 9     |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР          | 3                             | 7          | 4.6             | 5.5                                         | 0     | 8.2      | 0     |
| Составление и утверждение ТЗ                        | НР, И       | 15                            | 30         | 21              | 25.2                                        | 10.1  | 37.2     | 14.9  |
| Изучение литературы                                 | И           | 10                            | 14         | 11.6            | 0                                           | 13.9  | 0        | 20.6  |
| Разработка архитектуры системы                      | НР, И       | 40                            | 45         | 42              | 25.2                                        | 50.4  | 37.2     | 74.5  |
| Разработка программного обеспечения метки           | И           | 35                            | 45         | 39              | 0                                           | 46.8  | 0        | 69.2  |
| Разработка программного обеспечения сервера         | И           | 40                            | 45         | 42              | 0                                           | 50.4  | 0        | 74.5  |
| Внедрение алгоритмов фильтрации                     | НР, И       | 15                            | 21         | 17.4            | 8.4                                         | 20.9  | 12.3     | 30.9  |
| Оформление расчетно-пояснительной записки           | И           | 30                            | 40         | 34              | 0                                           | 40.8  | 0        | 60.3  |
| Тестирование системы                                | И           | 7                             | 10         | 8.2             | 0                                           | 9.8   | 0        | 14.5  |
| Подведение итогов                                   | НР, И       | 2                             | 2          | 2               | 1.7                                         | 2.4   | 2.5      | 3.5   |
| <b>Итого</b>                                        |             |                               |            | 221.8           | 66                                          | 245.5 | 97.5     | 362.8 |

Удельное значение каждого этапа в процентах определяется по формуле:

$$I_i = \frac{t_{ож\ i}}{t_{ож}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где  $I_i$  – удельное значение каждого этапа в %;

$t_{ож\ i}$  – трудоемкость этапа;

$t_{ож}$  – суммарная трудоемкость.

Наращение технической готовности рассчитывается по формуле:

$$H_i = \frac{t_n}{t_{ож}} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где  $H_i$  – нарастание технической готовности  $i$  – го этапа в %;

$t_n$  – нарастающая трудоемкость с начала работы  $i$  – го этапа.

При построении линейного графика должен быть охвачен весь спектр работ по теме. Учитывая тот факт, что дипломник выступает в качестве основного исполнителя, занятого выполнением темы на протяжении всего периода её проведения, на линейном графике не должно быть перерывов в работе дипломника. Для проведения отдельных видов работ необходимо привлекать руководителя проекта, на графике это будет показано в виде параллельных линий, характеризующих одновременное проведение работ нескольких видов работ разными исполнителями.

Линейный график выполнения работ и выполненные расчеты приведены в таблице 13.

Таблица 13. Календарный план-график работ

| Наименование работы                                 | $I_i$<br>,% | $H_i$<br>,% | $t_{ki}$<br>кал<br>дн. | Продолжительность выполнения работ, дни                                                                                                                                  |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     |             |             |                        | I квартал                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                                                                                                                                                            | II квартал |                                                                                     |     | III квартал |                                                                                                                                                                            |                                                                                     | IV квартал                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
|                                                     |             |             |                        | 30                                                                                                                                                                       | 60                                                                                  | 90                                                                                                                                                                         | 120        | 150                                                                                 | 180 | 210         | 240                                                                                                                                                                        | 270                                                                                 | 300                                                                                                                                                                        | 330                                                                                 | 360                                                                                                                                                                            |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | 1,8         | 1,8         | 8,2                    |                                                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Составление и утверждение ТЗ                        | 11,3        | 13,1        | 14,9<br>37,2           | <br> |  |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Изучение литературы                                 | 4,5         | 17,6        | 20,6                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                         |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Разработка архитектуры системы                      | 24,3        | 41,8        | 74,5<br>37,2           |                                                                                                                                                                          |                                                                                     | <br> |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Разработка программного обеспечения метки           | 15          | 56,9        | 69,2                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |  |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Разработка программного обеспечения сервера         | 16,2        | 73          | 74,5                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             | <br> |  |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                |
| Внедрение алгоритмов фильтрации                     | 9,4         | 82,4        | 30,9<br>12,3           |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     | <br> |  |                                                                                                                                                                                |
| Оформление расчетно-пояснительной записки           | 13,1        | 95,5        | 60,3                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                                                                                |
| Тестирование системы                                | 3,2         | 98,7        | 14,5                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                           |
| Тестирование системы                                | 1,3         | 100         | 3,5<br>2,5             |                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                     |     |             |                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                     | <br> |

 руководитель проекта на кафедре

 студент-дипломник

## 5.2. Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приближенно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 - 20 %.

Таблица 14. Расчет затрат на материалы

| Наименование материалов                | Цена за ед., руб. | Кол-во | Сумма, руб.   |
|----------------------------------------|-------------------|--------|---------------|
| Внешний аккумулятор TP-LINK TL-PB10400 | 2000              | 2      | 4000          |
| WiFi роутер TP-LINK TL-WR841ND         | 3000              | 20     | 60000         |
| Микросхема ESP8266                     | 300               | 5      | 1500          |
| WiFi модуль NodeMCU — 1.0              | 500               | 200    | 100000        |
| Модуль Bluetooth 4.0 LE HM-10          | 600               | 50     | 30000         |
| Лицензия PyCharm 1 год                 | 3000              | 1      | 3000          |
| Бумага для принтера                    | 300               | 2      | 600           |
| Картридж для принтера Brother          | 3000              | 1      | 3000          |
| <b>Итого:</b>                          |                   |        | <b>202100</b> |

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{MAT} = 202100 \cdot 1,05 = 205250$

### 5.3. Расчет заработной платы основных исполнителей проекта

Затраты на оплату труда планируются с учетом продолжительности выполнения темы и ее отдельных этапов, степени занятости исполнителей темы (для некоторых категорий – трудоемкости работ), с использованием данных о нормах оплаты их труда. Для расчета заработной платы по штатно-окладной системе оплаты труда используется формула

$$ЗП_{осн} = \sum_{i=1}^n t_{рабi} \cdot ОК_{мес} \cdot Ч_{испi}, \quad (16)$$

где  $t_{рабi}$  – продолжительность выполнения работы, раб. Дн.;

$ОК_{мес}$  – месячные оклады исполнителей, руб./ мес.;

$Ч_{испi}$  – количество исполнителей i-ой категории.

Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день.

$$ЗП_{осн} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot СЗП, \quad (17)$$

где n - количество участников в i-ой работе,

$T_i$  - затраты труда (трудоемкость), необходимые для выполнения i-го вида работ, (дни). Трудоемкость определяется по таблице 2, находится количество дней, которое необходимо потратить на разработку системы.

СЗП - среднедневная заработная плата исполнителя, выполняющего i-ый вид работ, (руб./дней). Среднедневная заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$СЗП = \frac{\text{месячный оклад}}{\text{количество рабочих дней}}, \quad (18)$$

Количество рабочих дней в месяце примем равным 24,83.

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 15. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до

целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{ПР} = 1,1$ ;  $K_{доп.ЗП} = 1,188$ ;  $K_P = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{доп.ЗП}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{и} = 1,62$ .

Таблице 15. Затраты на основную заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./раб. день | Среднедневная ставка, руб./раб. день | Затраты времени, раб. дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|-------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------|
| НР          | 32162.9               | 1295.3                               | 66                        | 1.699       | 145249.9           |
| И           | 7483.6                | 301.4                                | 245                       | 1.699       | 125456.5           |
| Итого:      |                       |                                      |                           |             | 270706.4           |

#### 5.4. Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{ЗП} \cdot 0,3$ . В нашем случае получим:  $C_{соц.} = 270706,4 \cdot 0,3 = 81211,9$

#### 5.5. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (19)$$

где  $P_{об}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ Цэ = 5,257 руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ( $T_{РД}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t, \quad (20)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{РД}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{об}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C \quad (21)$$

где  $P_{ном.}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 16.

Таблица 16. Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{об}$ , час | Потребляемая мощность $P_{ОБ}$ , кВт | Затраты $Э_{об}$ , руб. |
|---------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Персональный компьютер    | 1968*1                                   | 0,4                                  | 4138,3                  |
| <b>Итого:</b>             |                                          |                                      | <b>4138,3</b>           |

## 5.6. Амортизация основных фондов

*Данный элемент* отражает сумму амортизационных отчислений (части, перенесённые по мере физического износа основных средств на производимый продукт) на полное восстановление основных средств используемых при реализации проекта. К амортизируемым основным фондам относится оборудование, стоимость которого выше 20000 рублей и срок эксплуатации более года. В противном случае оно включается в материальные расходы.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pf} * n}{F_D}, \quad (22)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{AM}$ .

$t_{pf}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$N_A$  - норма амортизационных отчислений (%), которая в соответствии с Налоговым кодексом РФ определяется по следующей формуле:

$$N_A = \frac{1}{T_{п.и.}} \cdot 100\%, \quad (23)$$

где  $T_{п.и.}$  – срок полезного использования объекта (в годах) определяется в соответствии с классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Таблица 17. Амортизация основных фондов

| Наименование   | Кол-во, шт. | Ц <sub>об</sub> | Т п.и. | Н <sub>а</sub> , % | А за период, руб. |
|----------------|-------------|-----------------|--------|--------------------|-------------------|
| Портативный ПК | 1           | 55000           | 1968   | 0.4                | <b>18161</b>      |

### 5.7. Прочие расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{проч}} = C_{\text{осн}} \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Принимается равным 10 % от общей суммы расходов.

В нашем случае прочие расходы составят:

$$C_{\text{проч}} = 579467,6 \cdot 0,1 = 57946,8$$

## 5.8. Расчет общей себестоимости разработки

Себестоимость разработки АСУ определяется суммой затрат:

- Материальных затрат;
- затраты на основную заработную плату;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Таблица 18. Себестоимость разработки системы

| Наименование статьи                        | Сума, руб.      |
|--------------------------------------------|-----------------|
| Материальные затраты, руб.                 | 154250          |
| Затраты на основную заработную плату, руб. | 270706.4        |
| Отчисления во внебюджетные фонды, руб.     | 81211.9         |
| Расходы на электроэнергию, руб.            | 4138.3          |
| Амортизация основных фондов, руб.          | 18161.1         |
| Прочие расходы, руб.                       | 57946.8         |
| <b>Итого, руб.</b>                         | <b>637414.4</b> |

Так как я не располагаю информацией о прибыли, то примем ее равной 20% от расходов на разработку, т.о. получим  $637414,4 \cdot 0,2 = 127482,9$

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:  $(637414,4 + 127482,9) \cdot 0,18 = 102397,9$

Цена разработки равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:  $637414,4 + 127482,9 + 102397,9 = 671275,3$

### 5.9. Оценка экономической эффективности разработанной системы

Основным критерием сравнения при технико-экономическом обосновании, применимости вариантов исполнения, разрабатываемой системы автоматического учета и увеличения продаж, на этапе разработки является прибыль магазина до внедрения системы и после внедрения системы. В среднем товарооборот супермаркета после применения системы возрастает на 20-25%. Средний товарооборот супермаркета составляет около 5 миллионов рублей в неделю. Что дает порядка 20 миллионов рублей в месяц. Рассчитаем чистую прибыль супермаркета в месяц. Средняя торговая наценка на товар составляет 13%. Тогда, получим:  $20\,000\,000 \cdot 0,13 = 2\,600\,000$  рублей. Для получения чистой прибыли вычтем подоходный налог, таким образом:  $2\,600\,000 \cdot 0,7 = 1\,820\,000$ . Чистая прибыль в день - 60666,7 рублей.

Использование системы автоматического учета и увеличения продаж повысит среднемесячную чистую прибыль на 20 %, что составляет:  $1\,820\,000 \cdot 1,2 = 2\,184\,000$ . При этом чистая прибыль в день - 72800 рублей

Экономический эффект от внедрения системы равен:

$$\mathcal{E}_{AC} = 2\,184\,000 - 1\,820\,000 = 364\,000 \text{ руб.}$$

Чаще всего сеть супермаркетов состоит из 5-7 отдельных площадок.

Экономический эффект для сети супермаркетов :

$$\mathcal{E}_{AC} = 364\,000 \cdot 7 = 2\,548\,000 \text{ рублей.}$$

### 5.10 Расчет срока окупаемости затрат на автоматизацию супермаркета

Срок окупаемости затрат на систему учета продаж определяется как отношение капитальных затрат на разработку и внедрение системы к годовой экономии или годовому приросту прибыли в результате автоматизации производства. При расчете данного параметра так же учитывались затраты на установку системы и обучение персонала.

$$T_{окуп} = \frac{C_{проект} + Z_{установка}}{\mathcal{E}_{AC}} = \frac{671275,3 + 150000}{72800} = 11 \text{ дней.}$$

Срок окупаемости проекта составляет примерно полмесяца. Однако, такие результаты возможны лишь после обучения и настройки системы. В среднем время обучения и настройки составляет 3 месяца. Разрабатываемая система полностью окупит себя через 3,5 месяца использования. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой экономической эффективности данного проекта. Таким образом, можно говорить о прибыльности внедрения разработанной в данном дипломном проекте системы автоматизации.

#### **5.11. Расчет коэффициента экономической эффективности капитальных затрат на разработку и внедрение АС**

Расчетный коэффициент экономической эффективности капитальных затрат на разработку и внедрение системы ( $K_{\text{кап}}$ ) представляет собой отношение расчетной годовой экономии (годового прироста прибыли) к капитальным затратам на разработку и внедрение системы, т.е. данный показатель носит обратный характер по отношению к сроку окупаемости и определяется как:

$$K_{\text{кап}} = \frac{1}{T_{\text{окуп}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{АС}}}{C_{\text{проект}} + \mathcal{Z}_{\text{монт}}} = \frac{72800}{821275,3} = 0,09.$$

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|                     |              |                              |                             |
|---------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|
| Группа              |              | ФИО                          |                             |
| 8ЕМ41               |              | Пантюхин Александр Романович |                             |
| Институт            | Кибернетики  | Кафедра                      | ИКСУ                        |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность    | Мехатроника и робототехника |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:

- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)
- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

Рабочим местом является аудитория №027 10 корпуса Томского политехнического университета. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером, отведённое студенту для выполнения работы. Технологический процесс представляет собой написание программного кода для системы автоматического учета и увеличения продаж. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами.

Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень шума, повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенная или пониженная влажность воздуха, повышенная напряжённость электрического поля.

Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.

Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

1. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы.
  2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
  3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96.
  4. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. №123-ФЗ, 2013.
  5. ГОСТ 12.2.032-78.
  6. СанПиН 2.2.4.1191-03.
- ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul> | <p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <p>недостаточная освещённость рабочей зоны;</p> <p>отсутствие или недостаток естественного света;</p> <p>повышенный уровень шума;</p> <p>повышенный уровень электромагнитных излучений;</p> <p>повышенная напряжённость электрического поля;</p> <p>повышенная или пониженная влажность воздуха,</p> |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>                                | <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• электрический ток (источником является ПК и изготавливаемые микросхемы);</li> </ul>                                                                                                                                                                         |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>                                                                                                                   | <p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит.</p> <p>В работе проведён анализ воздействия на литосферу (образование отходов при поломке ПК, отходов при печати, при утилизации ламп).</p>                                                                                                                                      |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>                                                                                                                                        | <p>В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</p>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.</p> <p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p>                                                                                                                         |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Задание выдал консультант:**

| Должность             | ФИО                             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры<br>ЭБЖ | Марина<br>Игоревна Пустовойтова | К.Х.Н                  |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ41  | Пантюхин Александр Романович |         |      |

## **6. Социальная ответственность**

Дипломная работа выполнялась в аудитории 027 десятого корпуса НИ ТПУ. Основным недостатком данной аудитории является – почти полное отсутствие естественного освещения. Лаборатория находится на нулевом этаже. Освещение осуществляется электрическими лампами. Помещение плохо проветривается, отсутствует центральная вентиляция. Помещение можно проветривать лишь с помощью окон. Температура в помещении постоянна. Зимой включается центральное отопление. Не представляется возможным получить информацию о влажности.

В аудитории присутствуют рабочие столы, оснащенные персональными компьютерами. Мониторы расположены на уровне глаз, достаточно места для комфортной посадки и работы. Уровень шума в помещении находится на приемлемом уровне. К сожалению, не удалось получить точные данные об уровне шума. Каждый компьютер подключается к сети с помощью сетевого фильтра со встроенным предохранителем. Каждая розетка индивидуально выключается на электрическом щите. Все токоведущие провода спрятаны в кожухи, нет оголенных проводов. Электробезопасность полностью соблюдается.

### **6.1. Техногенная безопасность**

#### **6.1.1. Повышенная или пониженная влажность воздуха**

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям [16]. Они приведены в таблице 19.

**Таблица 19. Оптимальные параметры микроклимата рабочего места  
инженера-программиста**

| Период года | Категория работ | Температура воздуха, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-----------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| холодный    | Категория 1а    | 23–25                   | 40–60                              | 0,1                            |
| теплый      | Категория 1а    | 20–22                   | 40–60                              | 0,1                            |

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [16]. Он приведен в таблице 20.

**Таблица 20. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где  
расположены компьютеры**

| Характеристика помещения               | Объемный расход подаваемого в помещение |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека | Не менее 30                             |
| 20...40 м <sup>3</sup> на человека     | Не менее 20                             |

**6.1.2.** Недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света;

Правильное освещение помещений и рабочих зон – одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. При недостаточной освещенности развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака, повышается опасность производственного травматизма. Низкая освещенность способствует развитию близорукости.

Рабочая зона или рабочее место разработчика освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0,5 – 1 мм. В помещении отсутствует естественное освещение. По нормам освещенности (таблица 21) и отраслевым нормам работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений

Таблица 21. Нормирование освещённости для работы за ПК [17]

| 1                | 2      | 3 | 4 | 5        | 6   | 7   | 8  | 9  | 10  | 11  |
|------------------|--------|---|---|----------|-----|-----|----|----|-----|-----|
| Высокой точности | От 0,3 | Б | 1 | Более 70 | 300 | 100 | 40 | 15 | 3,0 | 1,0 |
|                  | От 0,5 |   | 2 | Менее 70 | 200 | 75  | 60 | 20 | 2,5 | 0,7 |

В таблице 21:

- 1– характеристика зрительных работ;
- 2 – наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм;
- 3 – разряд зрительной работы;
- 4 – подразряд зрительной работы;
- 5 – относительная продолжительность зрительной работы, %;
- 6 – освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк;
- 7 – цилиндрическая освещенность, лк;
- 8 – показатель дискомфорта;
- 9 – коэффициент пульсации освещенности, %;
- 10 – КЕО (Коэффициент естественного освещения) при верхнем освещении, %;
- 11 – КЕО при боковом освещении, %

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 22 [18].

Таблица 22. Требования к освещению на рабочих местах,  
оборудованных ПК

|                                           |                              |
|-------------------------------------------|------------------------------|
| Освещенность на рабочем столе             | 300–500 лк                   |
| Освещенность на экране ПК                 | не выше 300 лк               |
| Блики на экране                           | не выше 40 кд/м <sup>2</sup> |
| Прямая блесккость источника света         | 200 кд/м <sup>2</sup>        |
| Показатель ослеплённости                  | не более 20                  |
| Показатель дискомфорта                    | не более 15                  |
| Отношение яркости:                        |                              |
| – между рабочими поверхностями            | 3:1–5:1                      |
| – между поверхностями стен и оборудования | 10:1                         |
| Коэффициент пульсации:                    | не более 5 %                 |

Освещаемая площадь помещения в аудитории 027-10к составляет 20 м<sup>2</sup>, количество ламп – 8 (каждая в 1000 люмен). Тогда  $E = 8000/20 = 400$  лк, что удовлетворяет условиям, приведенным в таблице 22.

#### Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и

безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот, приведены в [19].

Для устранения шума необходимо прочистить вентилятор от пыли или заменить полностью.

### **6.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля**

Энергетическое влияние электромагнитного излучения может быть различной степени и силы. От неощутимого человека (что наблюдается наиболее часто) до теплового ощущения при излучении высокой мощности, но подобный эффект проявляет себя только при превышении допустимого уровня. Помимо электромагнитного излучения, при работе компьютера образуется электростатическое поле. Оно способно деионизировать окружающий воздух. Компьютер, при долгой работе, нагревается, что делает воздух не только слабо ионизированным, но и сухим. Такой воздух является очень вредным, он тяжелый для дыхания и способствует, при благоприятной среде, развитию многих аллергических заболеваний и, соответственно, болезней органов дыхания.

По [20] энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 23.

Таблица 23. Предельно допустимые значения энергетической  
экспозиции

| Диапазоны частот  | Предельно допустимая энергетическая экспозиция           |                                                      |                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                   | По электрической составляющей,<br>(В/м) <sup>2</sup> × ч | По магнитной составляющей,<br>(А/м) <sup>2</sup> × ч | По плотности потока энергии<br>(мкВт/см <sup>2</sup> ) × ч |
| 30 кГц - 3 МГц    | 20000,0                                                  | 200,0                                                | х                                                          |
| 3 - 30 МГц        | 7000,0                                                   | Не разработаны                                       | х                                                          |
| 30 - 50 МГц       | 800,0                                                    | 0,72                                                 | х                                                          |
| 50 - 300 МГц      | 800,0                                                    | Не разработаны                                       | х                                                          |
| 300 МГц - 300 ГГц | х                                                        | х                                                    | 200,0                                                      |

Для обеспечения меньшего электромагнитного излучения использован жидкокристаллический монитор. Необходимо учитывать расстояние до монитора, так как при большем расстоянии от человека оказывается меньшее влияние. В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, необходимо ограничивать его стенами, т.е. ставить в углу. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а также необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

#### 6.1.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

При работе с компьютером существует опасность электропоражения:

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ);

- при прикосновении с полом, стенами оказавшимися под напряжением;

- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Согласно [21] помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как сухое, непыльное, с токонепроводящими полами и нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Основные технические средства защиты от поражения электрическим током:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;

- установка оградительных устройств;

- предупредительная сигнализация и блокировки;

- защитное заземление;

- зануление;

- защитное отключение по [21].

## **6.2 Региональная безопасность**

В процессе работы в помещении осуществляется водоснабжение и образование бытовых сточных вод (помещения гигиены и водопотребления) Сточные воды передаются в сточные системы. Для утилизации макулатуры рядом с принтером установлена специальная урна, предназначенная для накопления всех ненужных печатных материалов. После наполнения урны, работник предприятия обязан изыскивать средства для того, чтобы отправить данные накопители бумажного мусора на станцию вторсырья. Далее вся эта бумага идет на переработку как вторичное сырье. При поломке части ЭВМ или

выхода из срока службы люминесцентных ламп отдельно происходит утилизация неисправленной части или лампы.

## 6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

### 6.3.1 Эргономические требования к рабочему месту

Очень важно правильно организовать свою рабочую область. Каждый предмет труда должен находиться в зоне досягаемости. На рисунке 28 приведено распределение зон досягаемости по областям.

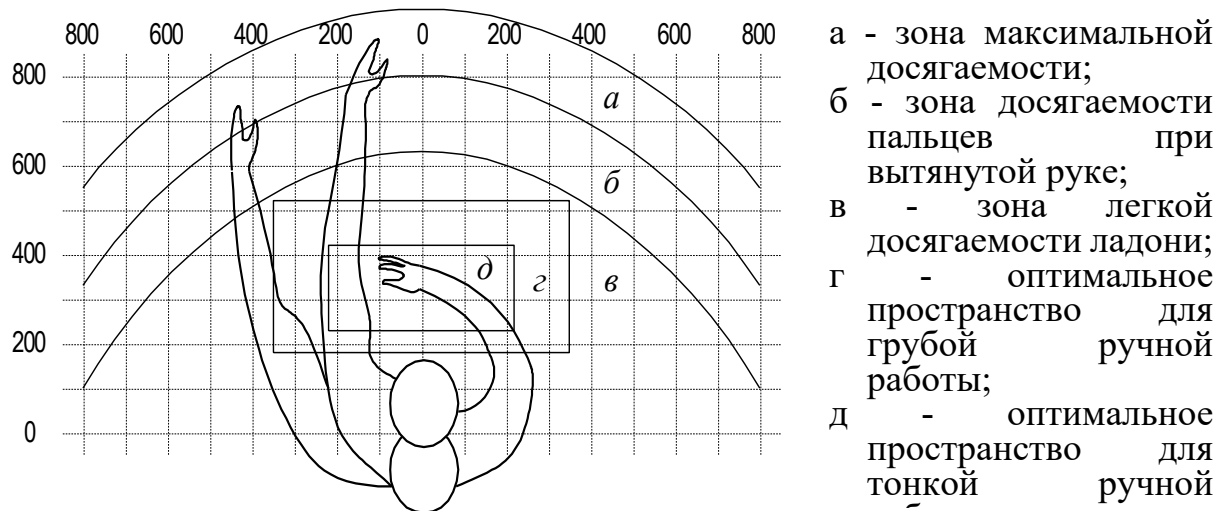


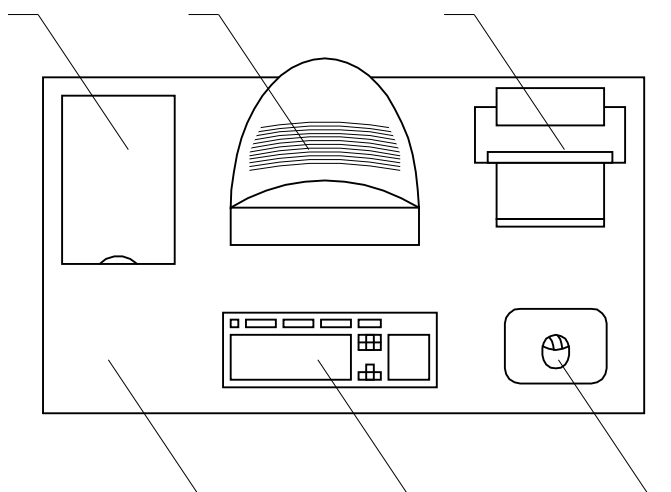
Рисунок 28. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне *а* (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне *г/д*;
- «мышь» – в зоне *в* справа;
- сканер в зоне *а/б* (слева);
- принтер находится в зоне *а* (справа);

– документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – в, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно.

На рисунке 29 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.



1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола, 5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Рисунок 29. Размещение основных и периферийных составляющих ПК

Для комфортной работы эргономика рабочего пространства должна удовлетворять следующим требованиям [22].

#### Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета, пол – красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток – стены желто-зеленого цвета, пол – зеленый или красновато-оранжевый;

– окна ориентированы на запад – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

### **6.3.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России), Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

В стране функционирует также Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации [23], в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.

Не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену;  
рекомендуется делать перерывы в работе за ПК продолжительностью 10 минут через каждые 50 минут работы;

продолжительность непрерывной работы за компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов;

во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений;

при нерегламентированной работе повышенной интенсивности возможны головные боли, нервные срывы и др.

#### **6.4 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме.

Согласно нормам технологического проектирования [24], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Данное помещение (аудитория 027-10к НИТПУ) относится к категории В [25] производств, связанных с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5.

Покидать помещение необходимо согласно плану эвакуации, представленному на рисунке 30.

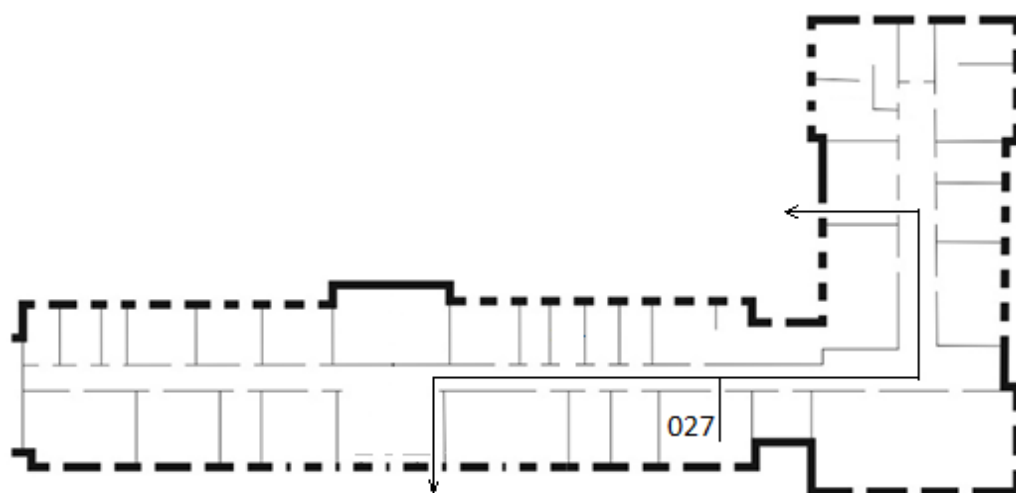


Рисунок 30. План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса № 10, пр. Ленина, 0 этаж.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Внедрение разработанной системы автоматического учета продаж и востребованности товаров окажет большой экономический и социальный эффект. Она позволит повысить продажи, а также получить более подробную информацию о покупателе. Возможно введение системы «персональных» скидок. Магазин, зная о желании того или иного человека совершить покупку, сможет сделать сгенерировать персональное предложение на отдельный товар или целую группу.

### Список публикаций студента

1. Пантюхин А. Р. , Александрова Т. В. Интеграция мобильного робота и операционной системы ROS [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 14-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 229-230.
2. Пантюхин А. Р. , Александрова Т. В. Практические аспекты реализации системы детектирования лиц в CRM-приложении [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 2 - С. 319-320.
3. Пантюхин А. Р. , Александрова Т. В. Системы технического зрения [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 9-13 Апреля 2012. - Томск: ТПУ, 2012 - Т. 2 - С. 377-378
4. Пантюхин А. Р. , Александрова Т. В. Способы детектирования лиц в человекопотоке [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 13-16 Ноября 2012. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012 - С. 248-249.
5. Пантюхин А. Р. Недостатки и преимущества использования одноплатных компьютеров в мобильной робототехнике [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 349-350.
6. Пантюхин А. Р. Применение технологий распознавания лиц в CRM системе. // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 19-20 Марта 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 44-46
7. Пантюхин А. Р. Решение проблемы распознавания объектов при помощи сенсора KINECT и библиотеки PCL. [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-16 Ноября 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - С. 261-262.

8. Рудь М. Н. , Пантюхин А. Р. Использование графических процессоров при разработке интеллектуальных роботов [Электронный ресурс] // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации: сборник трудов VIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть 1. Секции 1-5, Москва, 20-22 Ноября 2014. - Москва: МГТУ МИРЭА, 2014 - С. 161-166.
9. Rud M. N. , Pantyukhin A. R. Development of GPU-accelerated localization system for autonomous mobile robot // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, October 16-18, 2014. - Tomsk: TPU Publishing House, 2014 - p. 1-4

## Список используемой литературы

1. M. Ocaña, L. M. Bergasa, M. A. Sotelo, and R. Flores, Indoor robot navigation using a POMDP based on WiFi and ultrasound observations // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IROS. 2005. P. 503–508.
2. S. Fu, Z. Hou, and G. Yang, An indoor navigation system for autonomous mobile robot using wireless sensor network // International Conference on Networking, Sensing and Control. 2009. P. 227–232.
3. Y. Li, P. Zhang, X. Niu, Y. Zhuang, H. Lan, and N. El-Sheimy, Real-time indoor navigation using smartphone sensors // International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN). 2015. P. 1–10.
4. U. G. Acer, A. Boran, C. Forlivesi, W. Liekens, F. Perez-cruz, and F. Kawsar, “Sensing WiFi Network for Personal IoT Analytics // 5th International Conference on the Internet of Things (IOT), 2015, P. 104–111.
5. Максим Власов, RFID: 1 технология – тысяча решений: Практические примеры использования RFID в различных областях // Москва, Альпина Паблишер, 2014 г.
6. Matthew S. Gast, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide // O'Really Media, Inc. 2005. Second Edition.
7. H. G. Schantz, C. Weil, and A. H. Uden, Characterization of error in a Near-Field Electromagnetic Ranging (NFER) Real-Time Location System (RTLS) // IEEE Radio and Wireless Week, RWW 2011 - 2011 IEEE Radio and Wireless Symposium. 2011. P. 379–382.
8. C. J. Ran and Z. L. Deng, Two average weighted measurement fusion Kalman filtering algorithms in sensor networks// Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA). 2008. P. 2387–2391.
9. K. H. Kim, G. I. Jee, and J. H. Song, The stability of the adaptive two-stage extended Kalman filter // International Conference on Control, Automation and Systems. 2008. P. 1378–1383.

10. J. Y. Kim and T. Y. Kim, Soccer ball tracking using dynamic kalman filter with velocity control // Proceedings of the 2009 6th International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization: New Advances and Trends. 2009. P. 367–374.
11. Х.Квакернаак, Р. Сиван, Линейные оптимальные системы управления: пер. с англ.// Москва: Мир. 1977.
12. H. Long, Z. Qu, X. Fan, and S. Liu, Distributed extended kalman filter based on consensus filter for wireless sensor network // 10th World Congress on Intelligent Control and Automation. 2012. P. 4315–4319.
13. H. Yudan, C. Zhihua, G. Wenyin, and L. Qin, A new adaptive Kalman filter by combining evolutionary algorithm and fuzzy inference system // Evolutionary Computation (CEC). 2014. P. 2893–2900.
14. C. Pandey and S. Nemade, Enhancement of the speech quality by the implementation of Second Order Fast Adaptive Kalman Filter algorithm // Annual IEEE India Conference (INDICON), 2014. P. 1–6.
15. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов // М., Финансы и статистика. с. 416. 2003.
16. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
17. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение, 2010.
18. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
21. ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 950-86) Безопасность оборудования информационной технологии, включая электрическое контрольное оборудование.

22. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

24. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

25. Технический регламент «о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Единая справочная служба Консорциума «Кодекс». – URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2065/docs/>, свободный – Загл. с экрана. Язык русс. Дата обращения: 30.03.2016 г.

## Приложение А

Раздел ( )

Design of automatic registration system of sales and consumer demands in a supermarket

Студент:

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 8ЕМ41  | Пантюхин Александр Романович |         |      |

Консультант кафедры \_\_\_\_\_ (ИКСУ) \_\_\_\_\_ :

| Должность | ФИО                  | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Берчук Денис Юрьевич |                           |         |      |

Консультант – лингвист кафедры \_\_\_\_\_ (ИЯИК) \_\_\_\_\_ :

| Должность | ФИО                       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| ст. преп. | Бутакова Татьяна Ивановна |                           |         |      |

## System structure

The developed system of automatic sales registration and demand for supermarket goods consists of several key components. They are: a server, Wi-Fi routers, tags and Bluetooth beacons. The block diagram of the system is shown in Figure 1.

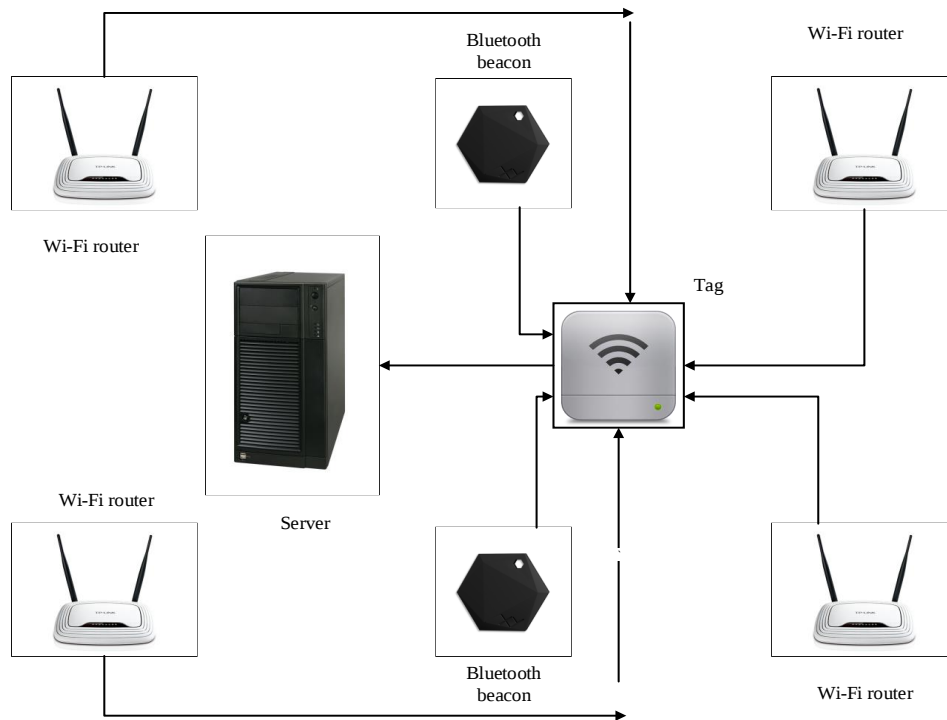


Figure 1. Developing system structure.

As can be seen from the Figure, the tag receives information from routers and beacons, and then sends it to the server. If any label will no longer work, the system will continue to function normally. The same situation occurs with beacons and routers. To protect the system, the server must have a backup, which can replace the primary, in case of breakage. Let us consider in detail each element of the system.

## Tag

The tag is based on two chips: the first is ESP8266, developed by Espressif's company, and the second one is CC2541, developed by Texas Instruments company accordingly (see Figures 2,3).



Figure 2. ESP8266 developer's kit.

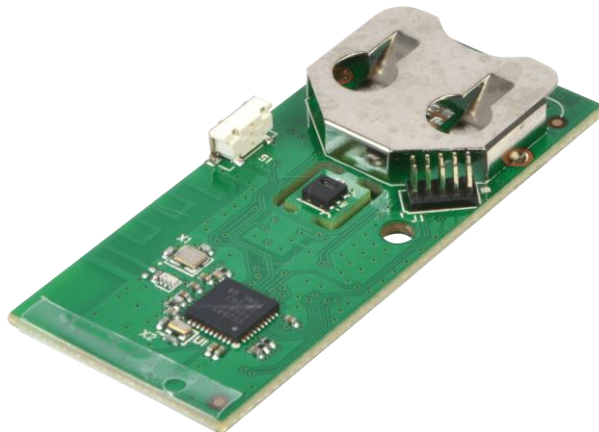


Figure 3. CC2541 developer's kit.

ESP8266 chip is a Wi-Fi based module, allowing to work both in “point” and “client” mode. Wi-Fi is a trade mark for wireless networks based on IEEE 802.11 standard.

IEEE 802.11 standard is a set of communication standards for communicating in a wireless local area network frequency band of 0.9, 2.4, 3.6 and 5 GHz. Standards supported by ESP8266 are shown in Table 1.

Table 1. Supported standards.

| Standard | Data transfer rate |
|----------|--------------------|
| 802.11b  | Up 11 Mbit/s       |
| 802.11g  | Up 54 Mbit/s       |
| 802.11n  | Up 600 Mbit/s      |

In the process of selecting Wi-Fi module a special attention was paid to the following characteristics: the minimum required piping, power consumption, and hardware capabilities. The detailed description of ESP8266 and its closest chip competitors are presented in Table 2.

Table 2. Chips comparative characteristics.

|                       | ESP8266                                      | MT7681                                         | 88MC200                                            |
|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Power consumption     | Data transfer – 215 mA<br>Sleep mode – 60 mA | Data transfer – 242 mA<br>Sleep mode – 1,1 mA  | Unknown                                            |
| Piping                | Minimum, only power source required          | Maximum, additional integral circuits required | Maximum, additional integral circuits required     |
| Hardware capabilities | SPI x 1, UART x 1, GPIO x 9, I2C x 1         | UART x 1, GPIO x 4                             | I2C x 3, SPI x 3, UART x 4, USB OTG x 1, GPIO x 10 |

Low power consumption allows us to produce a tag in the form of portable devices and maximize maintenance period. Due to the fact that everything you need to work with ESP8266 is integrated directly in the chip, it reduces the cost of the tag, and improves its maintainability. Therefore, hardware capabilities fully meet the requirements laid down.

CC2541 chip is used to obtain information from Bluetooth beacons. This improves the accuracy of positioning objects, as an additional information channel.

Bluetooth is a manufacturing specification of wireless personal area networks. There are four basic Bluetooth specifications: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, and their derivatives. Bluetooth beacons involve the use of Bluetooth 4.0 LE (Low Energy), which implies reduced energy consumption. The tag using module HM-10 is based on CC2541 chip. The detailed specification of HM-10 assembly board is depicted in Table 3.

Table 3. HM-10 specification.

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Microchip                         | CC2541          |
| Interface                         | UART            |
| Bluetooth version                 | 4.0             |
| Power source                      | 3.3 – 6 Volts   |
| Current consumption (sleep mode)  | 400 uA - 1,5 mA |
| Current consumption (active mode) | 8,5 mA          |

Interaction with the board is performed by means of AT commands. It is not possible to organize direct connection UART <-> USB. There are special convertors for USB – UART conversion, in this paper we use the converter based on FT232 chip, the image of which is shown in Figure 4.



Figure 4. Converter USB – UART FT232.

The above converter allows us to work with the logic levels of 3.3 and 5 volts. More detailed information is given in Table 5.

Table 5. USB – UART FT232 specification.

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Microchip              | FT232               |
| Power source           | 3.3, 5 вольт        |
| Interface              | USB                 |
| Supported OS           | Windows, Linux, Mac |
| Max data transfer rate | 115200 Baud         |
| Max power consumption  | 500 mA              |

For the "dialogue" with the converter, we must install the software that lets install virtual COM-port on the computer. If you connect the transmitter to your computer, it appears in Device Manager (see Figure 5), through this port a user can send commands to Bluetooth module.

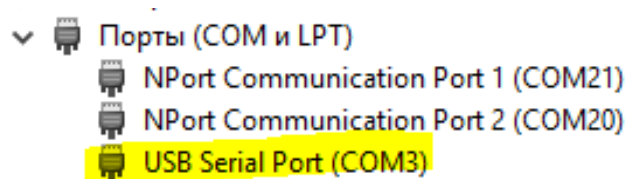


Figure 5. Virtual COM–port.

The software installed in HM-10 board, allows us to send commands by means of a set of AT - commands. The instruction set consists of a series of short text strings that are combined together to form a complete commands operations, such as a set of scanning devices, creating the connection or change the connection settings. To recognize the modem, commands must be written in a particular form. Each command always starts with AT letters, supplemented by one or more command, and ends by pressing “Enter” key. The commands are perceived by the module only in a "command mode".

The main task of the tag is to get information about the signal strength of the nearest points of Wi-Fi as well as to receive information from Bluetooth beacons. The work algorithm of the tag is represented in the block diagram (Fig. 6).

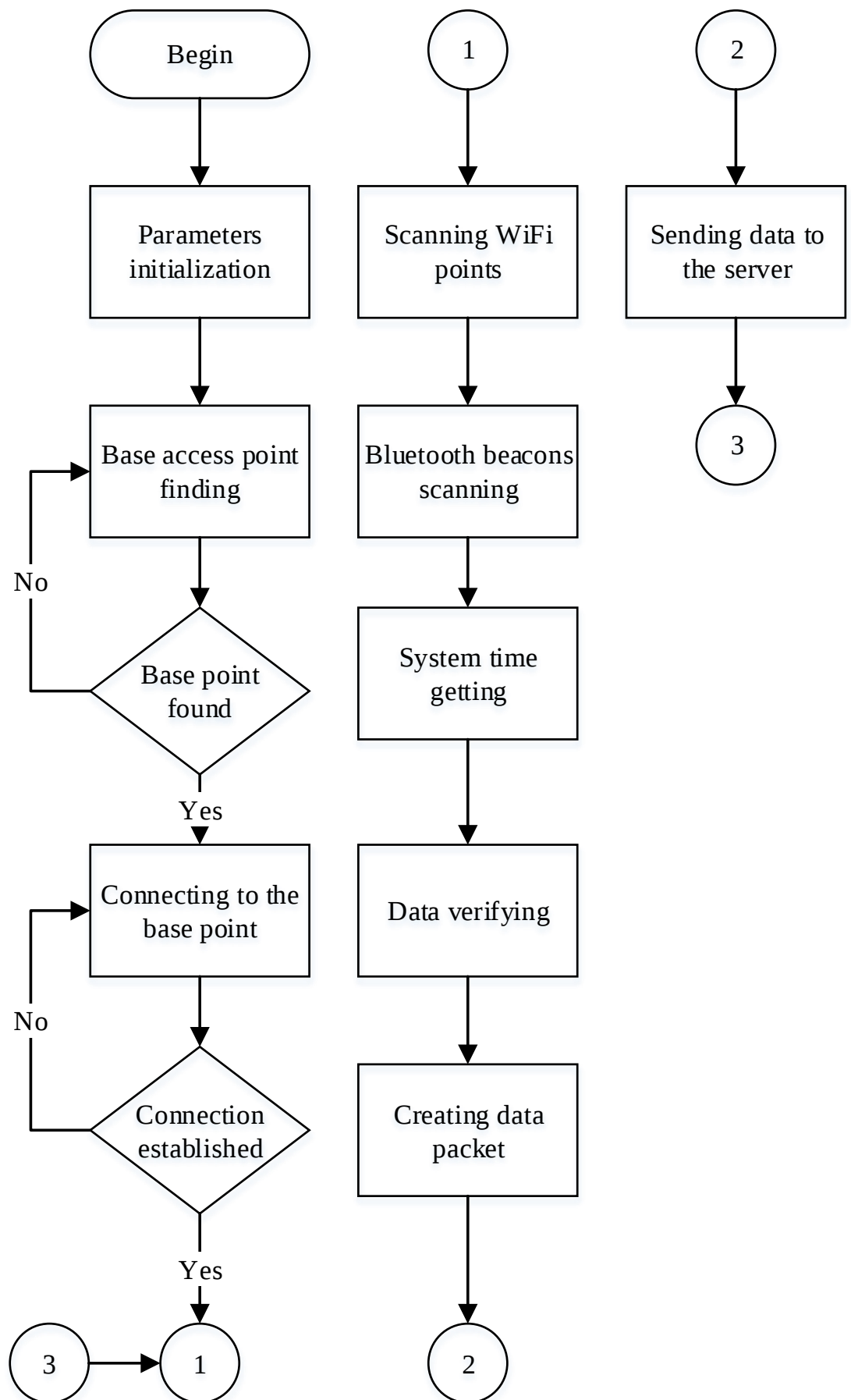


Figure 6. Operational algorithm of transmitter.

## **Wi-Fi router**

Router is a specialized network computer, which has two or more network interfaces, and forwards data packets between different network segments. The router can connect heterogeneous networks of different architectures. To make decisions about packet forwarding information network topology and certain rules set by the administrator are used. While operating, each router sends a Wi-Fi broadcast packet. The broadcast packet is received by all devices, regardless of the address of a receiving device. Getting information on the signal strength of each router and using a specific mathematical apparatus can determine the location of a tracked object. In more detail the algorithm of the object positioning will be described further, but it should be noted that the number of routers should be not less than three, due to the fact three circular areas in space will cross only at one point. If we consider the broadcast packet in more detail, it carries the following information: name of the network, MAC-address, received signal strength indicator (RSSI), expressed in dBm, authentication mode, and data transmission channel. Let us consider in detail each of the options and select the most important ones.

**Network name.** This badge, which allows to distinguish one wireless network from another. It is not unique, you can create an infinite number of access points with the same name. It is user-defined.

**MAC-address.** The unique identifier assigned to each active interface is connected to a computer network. In the design of the Ethernet standard it was assumed that each interface must have a unique six byte number. This number known as MAC-address can uniquely identify the connected device.

**RSSI.** The indicator is the total power of the received signal device. It is measured on a logarithmic scale in dBm (decibels relative to 1 milliwatt).

**Authentication Mode.** It describes data encryption technology for wireless networking, such main specifications as WPA-PSK / WPA2-PSK, TKIP, and AES.

**Data transmission channel.** It is "sub frequency" of 2.4 GHz fundamental frequency, which operates the majority of Wi-Fi routers. Such "sub frequencies" are usually about 12 in number, that is done to avoid interference from the other "colleague" routers..

The minimum information required to determine the location is an indicator of the level of the received signal; in addition, to identify the router MAC - address is used for this purpose. In the process of developing a system prototype Asus routers (see Fig. 8) and the TP-LINK routers (see Fig. 7) were used.



Figure 7. TP-LINK 841N.



Figure 8. ASUS WL-500 Premium v2.

Advisedly used equipment from different manufacturers, it allows us to assess the impact of the characteristics of the router to the algorithm for determining the location and its accuracy. The equipment specification is shown in Tables 6 and 7, respectively.

Table 6. ASUS WL-500 Premium v2 specification.

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Wi-Fi standard       | b, g      |
| Frequency band       | 2,4 GHz   |
| Max transfer rate    | 54 Mbit/s |
| Transmitter power    | 19 dBm    |
| Amplification factor | 5 dbi     |

Table 7. TP-LINK 841N specification.

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Wi-Fi standard       | b, g, n   |
| Frequency band       | 2,4 GHz   |
| Max transfer rate    | 54 Mbit/s |
| Transmitter power    | 20 dBm    |
| Amplification factor | 5 dbi     |

The algorithm of the transmitter suggests connection to one of the routers. It is done for transferring data from tag to the server for processing. The list of access points, and passwords are stored in the tag.

### **Server**

Server is a compute dedicated for performing service tasks without human intervention. The main difference between server and workstation is the amount of human involvement in the process, the hardware may be the same.

The server used to retrieve data from the tag, and automatic processing of the received information.

The server, which is used for software development, runs on Ubuntu 14.04 LTS operating system. This operating system is based on Debian. The main developer is Canonical company, but also actively developing and supporting by a free community. Ubuntu is distributed under the GPL. The system is completely free and can be modified by the user. Technical characteristics of the server are listed in Table 8.

Table 8. Server specification.

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Operating system    | Ubuntu 14.04  |
| RAM                 | 8 Gb          |
| CPU                 | Intel Core i3 |
| Hard drive          | 250 Gb        |
| Internet connection | Yes           |

The server has two main tasks: to receive data and to process them. Data processing algorithms will be discussed in a separate section, as it deserves more attention. Let us consider the algorithm for obtaining data (see Fig. 9). The first server carries out initialization of parameters: IP-address and port to which the data transfer will occur. IP-address is a unique address of the computer on the network, built over IP (internet protocol).

Port is an integer to write to the header of the transport layer protocols of the OSI (open systems interconnection basic reference model) model. The port is used to identify the recipient of the process in the same host.

In the operational mode, the server uses sockets. The socket is software interface for data exchange between processes. The socket is created at the beginning of the program, and closes only when the server is turned off completely. Once the socket has been established, the server waits for a connection; when a successful connection is established a client sends data. If the client has established a connection, but no data is transferred in the timeout period of time, the server closes the connection and waits for a new connection. This prevents "hang" between client and server. After receiving the data, it is recorded in a file and response to the client is generated. The response consists of "flag" and time when the data was received. Further there is a closing connection and the server waits for a new connection.

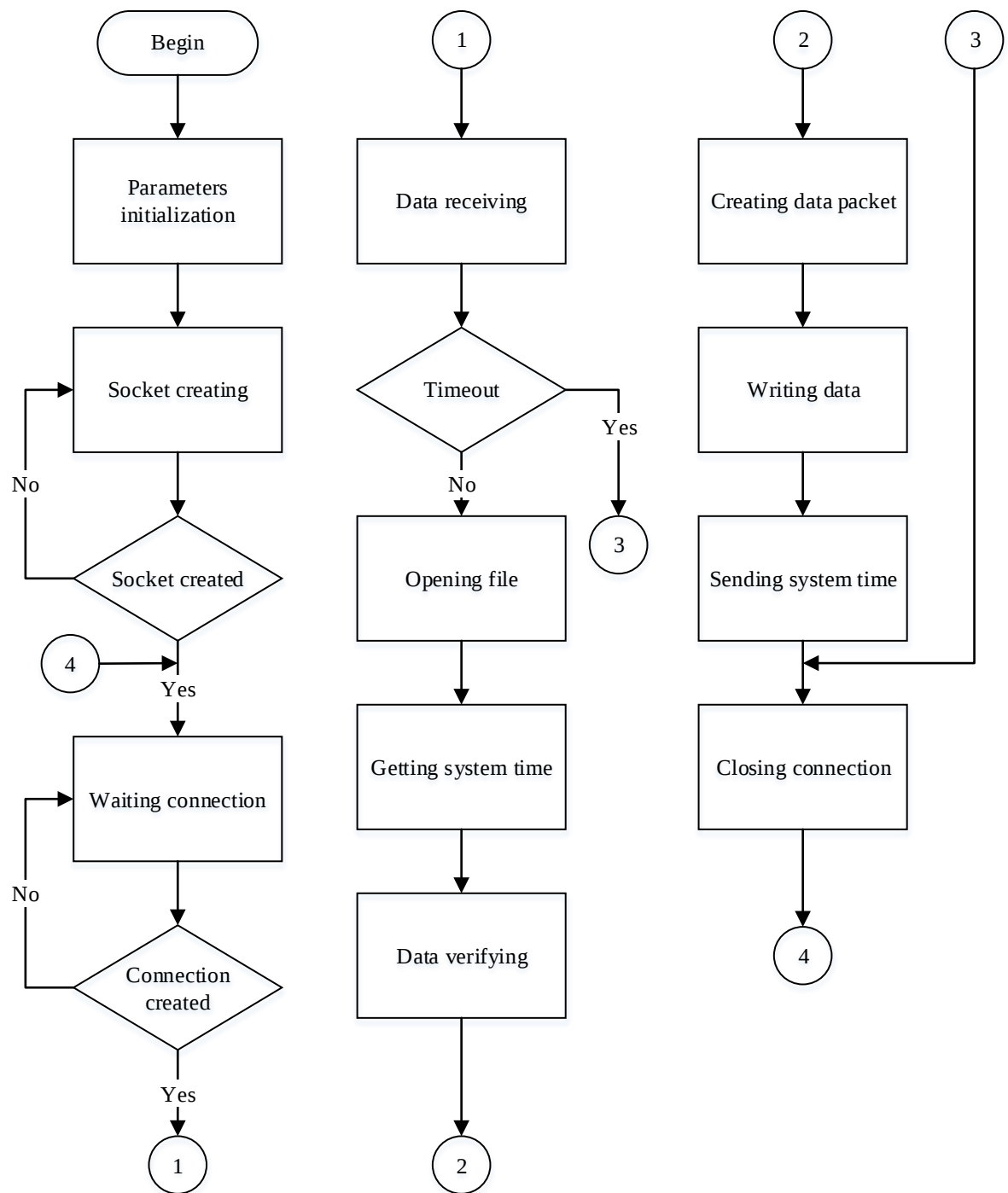


Figure 9. Operational algorithm of the server.

## Wi-Fi beacons

iBeacon is a protocol developed by Apple and introduced at the Apple Worldwide Developers Conference in 2013. Various vendors have made iBeacon, compatible hardware transmitters typically called beacons, a class of Bluetooth low energy (LE) devices. Each beacon sends its UDID and service information to all nearby devices, it allows us to identify device and get approximate distance to it.

Previously considered by HM-10 module allows us to not only scan Bluetooth beacons, but also to work in beacon mode. iBeacon specification strictly describes the structure of the packet which is described in more detail in Figure 10.

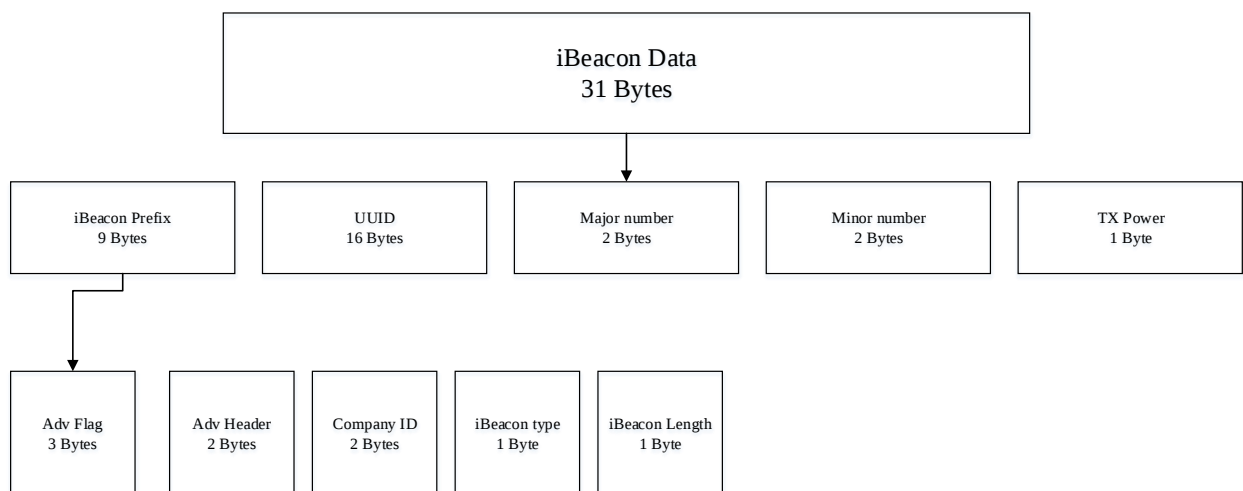


Figure 10. iBeacon packet structure.

Tag collects data from all nearby beacons and sends this information to the server, where this information is used for object position determination.