|  |
| --- |
|  |
| Дипломная работа |
| «Внутреннее позиционирование в системах виртуальной и дополненной реальности для виртуальных реконструкций» |
|  |
|  |
| Д. И. Завадский |

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc480990000)

[Постановка задачи 3](#_Toc480990001)

[Обзорная глава 5](#_Toc480990002)

[Историческая справка 5](#_Toc480990003)

[Обзор технологий Indoor позиционирования 6](#_Toc480990004)

[GPS 6](#_Toc480990005)

[Позиционирование по сотовым сетям 7](#_Toc480990006)

[Инерциальные системы 7](#_Toc480990007)

[WiFi/Bluetooth локация 7](#_Toc480990008)

[Оптическая локация 8](#_Toc480990009)

[Магнитометрия 8](#_Toc480990010)

[Лидар (Ладар) 8](#_Toc480990011)

[Ultra-wide band (UWB) 8](#_Toc480990012)

[Обзор технологий получения виртуальной реальности 9](#_Toc480990013)

[Теоретическая часть 10](#_Toc480990014)

[Что рассматривалось для реализации, но было откинуто и почему: 13](#_Toc480990015)

[Сторонние решения 14](#_Toc480990016)

[Native WiFi 14](#_Toc480990017)

[Экранный джойстик 14](#_Toc480990018)

[Практическая часть 15](#_Toc480990019)

[Заключение 17](#_Toc480990020)

[Литература и ссылки 18](#_Toc480990021)

[Приложение 19](#_Toc480990022)

# Введение

В наше время такие словосочетания как «виртуальная реальность» или «дополненная реальность» слышны все чаще, однако в повседневной жизни редко встречаются реализации подобных устройств для конечного пользователя.

Технологии дополненных и виртуальных реальностей применимы для различных направлений: наука, игры, обучение, медицина и так далее.

В основе всех реализованных на данный момент устройствах, на базе виртуальной и дополненной реальностей, лежит точное определение местоположения устройства в пространстве.

Само положение устройства в пространстве можно определить с достаточно высокой точностью с помощью сенсоров, находящихся непосредственно на самом устройстве, например с помощью акселератора, компаса или гироскопа.

Однако этих сенсоров не достаточно для точного расчета пройденного расстояния в пространстве. Следовательно, появляется необходимость использования сторонних устройств.

Целью выполнения данной дипломной работы является рассмотрение и реализация методов внутреннего позиционирования (*Indoor positioning*) в закрытых помещениях, как частного случая систем виртуальной и дополненной реальностей.

## Постановка задачи

В качестве основного устройства, на котором будут рассматриваться различные методы внутреннего позиционирования, будет использоваться смартфон.

Каждый современный человек уже имел дело со смартфоном, и почти у каждого есть свой собственный. И для того, чтобы возможность передвижения по виртуальной реконструкции была доступна каждому, имеет смысл разрабатывать приложение, которое использует большинство возможностей, которыми владеет большая часть существующих на данный момент смартфонов.

# Обзорная глава

В данной главе будут приведены общие сведения, полученные во время написания этой работы, а так же проведен обзор методов внутреннего позиционирования.

Следует понимать, что разработав работающую схему для виртуальной реальности, все использующиеся технологии можно перенести и на дополненную реальность. Поэтому в качестве основы и примера для изучения будем рассматривать реализацию приложения виртуальной реальности, построенную на виртуальной реконструкции трапезной палаты Феодоровского городка в царском селе.

## Историческая справка

Основной целью постройки палаты было устройство здания для собраний духовенства. Трапезная палата строилась с весны 1914 года по сентябрь 1915 года, после чего до 1917 года велись отделочные работы. Все росписи исполнил художник Г. П. Пашков.

Здание устроено на подвале, которое переходит в полуподвал. Главным фасадом Трапезная палата обращена к собору, торцевым — к Александровскому дворцу. Перед дворовым фасадом был разбит сад. Цоколь и внешние ступени здания из серого финляндского гранита. Главный и частично садовый фасады были облицованы белым старицким камнем. Всё здание было покрыто поливной зелёной черепицей кремлёвского типа.



В городке, после закрытия лазаретов, хранилась коллекция церковной утвари, икон, оружия и других предметов русской старины — наследие «Общества возрождения художественной Руси».

В 1918 году комплекс был передан Петроградскому агрономическому институту. В период оккупации Пушкина Феодоровский городок находился рядом с передним краем обороны немцев и очень сильно пострадал. Ценности, которые ещё оставались в нём, были вывезены.

По окончании войны предполагалось восстановить комплекс, однако больших работ так и не проводилось. Реставрация началась в 1976 году.

В настоящее время здание не используется. Этот объект культурного наследия находится под угрозой уничтожения, и поэтому был выбран, для виртуальной реконструкции студентами кафедры Графических технологий, факультета ПИиКТ, мегафакультета КТиУ.

## Обзор технологий внутреннего позиционирования

Существует ряд технологических платформ и алгоритмов для отслеживания положения объектов в реальном времени. Часть из них применима к системам определения положения внутри зданий.

### GPS

Global Positioning System — система глобального позиционирования, можно найти почти в любом смартфоне. К сожалению, не работает, если спутников не видно. Можно отдельно приобретать ретрансляторы, но их стоимость оставляет желать лучшего. Точность этого решения – метры.

### Позиционирование по сотовым сетям

Чаще всего используется как раз тогда, когда не видны спутники, но есть мобильная связь. Однако точность в этом случае еще ниже, даже в районах с высокой плотностью станций.

### Инерциальные системы

Здесь используется модель движения человека: если мы знаем, где были, в какую сторону и как быстро двигались, то можно рассчитать, где мы оказались через некоторое время.

Сейчас это достигается с помощью гироскопов и акселерометров смартфона. К плюсами данного решения можно отнести автономность и отсутствие привязки к внешней инфраструктуре.

Минусы — необходимость знать начальную точку, со временем накапливающаяся погрешность и потребность сверяться с другим источником данных, например, GPS.

Однако с их помощью можно легко реализовать определение направления «взгляда» пользователя.

### Wi-Fi/Bluetooth локация

Местоположение вычисляется путем сравнения измеряемых в реальном времени мощностей сигнала от окружающих Wi-Fi/BLE точек с заранее измеренными значениями, привязанными к карте помещения.

Потенциально очень хорошие варианты для телефонов и для точности до нескольких метров, потому что не требуют ничего дополнительно, кроме того, что уже есть в телефоне.

Вкупе с инерциальными системами внутри телефонов и другими дополнительными данными, скорее всего, достигнут точности меньше метра на практике. И, конечно, радио не требует прямой видимости — это большой плюс.

### Оптическая локация

Основная идея этого метода – предварительное сканирование помещения, а потом определение своего местоположения по картинке, полученной с камеры смартфона.

Требует съемки помещения, и появляются проблемы с прямой видимостью.

### Магнитометрия

Навигация по магнитному полю с помощью компаса смартфона.

Есть примеры успешных применений, но решение требует предварительной калибровки в помещении и слишком подвержено влиянию металла и магнитов.

### Лидар (Ладар)

Light (LAser) Detection and Ranging.

Технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.

Хотя это решение дает достаточно высокую точность, на данный момент это очень дорого.

### Ultra-wide band (UWB)

Беспроводная технология связи на малых расстояниях при низких затратах энергии, использующая в качестве несущей сверхширокополосные сигналы с крайне низкой спектральной плотностью мощности.

Технология достаточно интересная, однако до сих пор не стабильна, имеет кучу ограничений и шумов. Рано или поздно будет хорошо работать.

## Обзор технологий получения виртуальной реальности

В большинстве случаев для реализации виртуальной реальности и частичного погружения человека в нее достаточно согласовать движение виртуальной камеры и устройства. Для получения полного погружения этого не всегда достаточно, однако этого хватит в нашем случае.

Дизайн для VR очень похож на дизайн видеоигр, поскольку в обоих случаях мы имеем дело с интерактивным 3D-опытом. Разница в том, что в виртуальной реальности требуется уделять особое внимание эффекту присутствия, погружённости, нелинейности повествования, не вызывающему тошноты перемещению и графической оптимизации

# Теоретическая часть

В процессе написания приложения под Android и компьютерной версии под операционной системой Windows, реализовывался следующий функционал:

1) Позиционирование направления взгляда пользователя двумя вариантами:

1.1) Гироскоп

1.2) Магнитометр + Акселерометр

2) Возможность ручной корректировки начального поворота

3) Вычисление расстояния до ближайших Wi-Fi точек

4) Передвижение по горизонтали с помощью:

4.1) Джойстика

4.2) С помощью трилатерации по WiFi роутерам

5) Возможность приближения (зумирования) изображения

6) Вычисление местоположения по GPS

Для того, чтобы определить расстояние от устройства до Wi-Fi роутера используется следующее вычисление:

Free-space path loss (FSPL) - это потери сигнала в электромагнитной среде, которые возникают в результате прохождения волны сквозь пространство (обычно воздух), без каких-либо препятствий поблизости, вызывающих отражение или дифракцию. Он определен в «Стандартных определениях терминов для антенн», IEEE Std 145-1983, как «Потеря между двумя изотропными излучателями в свободном пространстве, выраженная в виде отношения мощностей». Обычно она выражается в дБ. Таким образом, предполагается, что коэффициентом мощности не включает в себя какие-либо потери, связанные с дефектами оборудования или последствиями усиления антенны

Потери в свободном пространстве пропорциональны квадрату расстояния между передатчиком и приемником, а также пропорциональны квадрату частоты радиосигнала.

Где:

– длина волны сигнала (в метрах)

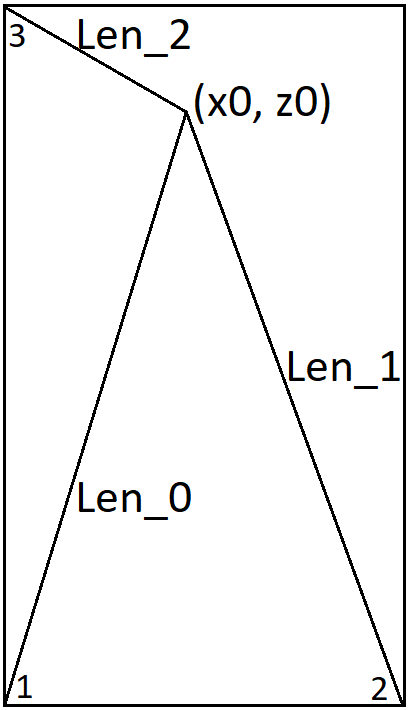
– частотный сигнал (в герцах)

– расстояние от передатчика (в метрах)

– скорость света в вакууме (2.998 \* 10^8 м/с)

Эта формула принимает частотный сигнал в Герцах, но функция, которая используется в программе ScanResult.frequency() получает частоту в мегагерцах, а значит, конечная формула будет выглядеть как:

Однако стоит помнить, что это уравнение не выдает точный результат на коротких расстояниях.

После того, как приложению введены данные о том, какие роутеры в каких углах находятся, начинаются вычисления о собственном местоположении методом трилатерации.

Трилатерация применяется последовательно к каждому из углов, после чего полученные координаты вирутального местоположения камеры усредняются:

Основная идея заключается в том, что если не получается получить достаточную точность при использовании всего трех Wi-Fi точек доступа, то можно использовать гораздо больше роутеров, и брать среднее измерение или медиану измерений по ним. Так как виртуальная комната представляется собой комнату с четырьмя углами, то можно по углам расположить несколько роутеров, и работать с роутерами в каждом из углов как с единым целым. Зная, что каждый из них выдает не точный результат, медиана измерений по ним будет более приближена к реальным значениям.

## Что рассматривалось для реализации, но было откинуто и почему:

1) Реализация приложения на основе дополненной реальности

Была мысль добавить на стены и потолок метки, и использовать камеру на телефоне. По идее, устройство делало снимки помещения, и передавала их приложению, которое, в свою очередь, находила на них метки и определяла по ним свое местоположение.

Плюсами данного подхода была бы автономность и свобода от остальных устройств. Не требовалось бы электричество. Однако сложность реализации данного подхода и отсутствие решения проблем препятствий между камерой и стенами послужили поводом отказа от данной идеи.

2) Навигация в помещении с помощью GPS

После того как пришла очередь реализации передвижения по виртуальной площадке, был выбран способ передвижения с помощью GPS навигации. Однако проблемой внедрения данного подхода послужила критическая ошибка среды визуализации Unity, которая время от времени выкидывала не перехватываемое событие, которое служило вылетом из приложения.

3) Передвижение в трех измерениях

Во время реализации передвижения пришла мысль отказаться от передвижения по вертикали в пользу возможности масштабирования изображения для упрощения кода и снижения технических требований. Сейчас достаточно расположить Wi-Fi точки по углам на одной высоте. Передвижение по вертикали в итоге было заменено на возможность зумирования картинки на экране мобильного устройства.

## Сторонние решения

Использование готовых структур данных позволяет получить ряд достоинств. Устраняется необходимость заново реализовывать известные решения. Также удобством использования библиотеки является то, что она предоставляет наиболее эффективные реализации структур данных и операторов.

### Native WiFi

Для того, чтобы можно было приложению работать на компьютере под операционной системой Windows используется API по работе с wi-fi компьютера.

### Экранный джойстик

Чтобы не придумывать велосипед, в качестве экранного джойстика была выбрана готовая реализация кода из магазина Unity.

Todo:

# Практическая часть

В данном приложении телефон оперирует массой данных с различных сенсоров. Используется информация, поступающая с акселерометра, компаса, гироскопа, GPS и даже с ближайших Wi-Fi роутеров.

В первую очередь приложение получает данные о том, какие сенсоры присутствуют на аппарате, и в зависимости от полученных ответов использует нужный алгоритм обработки данных для определения поворота в пространстве. Это может быть лишь гироскоп, комбинация данных от магнитометра и акселерометра, либо предупреждение о том, что требуемых сенсоров в данном устройстве не обнаружено.

Если приложение работает с акселерометром и магнитометром, следует понимать, что данные будут очень искажаться в зависимости от местности, поэтому приходится использовать фильтрацию полученных данных, что сказывается на небольших задержках в скорости поворота.

В случае использования гироскопа таких сильно выраженных проблем нет, поэтому повороты выглядят более точными без задержек.

Далее пользователь выбирает, каким образом он предпочитает передвигаться по виртуально площадке. На выбор предлагаются 2 варианта: возможность передвижения в приложении посредством своего реального передвижения, либо с использованием более стандартного метода – экранного джойстика.

В первом случае пользователю предлагают совершить калибровку помещения, в котором он находится, и пометить роутеры, которые он используется как «рабочие». После чего, используются данные этих Wi-Fi точек, от которых приложение получает информацию о мощности сигнала и ее частоте. Эти данные он использует для вычисления расстояния до них, которое используется для определения собственного положения в пространстве. Таким образом, пользователь, перемещаясь по комнате, перемещается в приложении.

Второй способ более понятен для многих и требует меньше подготовок. На экран выводится джойстик, изменяя положение которого, пользователь меняет положение камеры в приложении.

Todo:

Todo:

Todo:

# Заключение

**// Описание оформляемого гранта**

Грант № 17-04-12034, Мультимедийная информационная система «Архитектурно-художественный комплекс Феодоровский городок в Царском селе как пример Русского стиля» , рук. Смолин А.А. (Университет ИТМО), тип проекта - "в"

**// Описать возможное продолжение этой работы**

В условиях гранта предполагается продолжение данной работы с добавлением остальных комнат данного архитектурного комплекса, что в итоге выльется в полноценную экскурсию по всему архитектурному сооружению Феодоровского городка.

**// Какие предполагаются доработки**

Возможно написание приложение под остальные мобильные платформы, такие как iOS и WindowsPhone. Так же возможна реализация и под очки виртуальной реальности.

# Литература и ссылки

<https://habrahabr.ru/post/245325/>

<https://habrahabr.ru/company/sap/blog/267433/>

<https://habrahabr.ru/post/126410/>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_внутреннего_позиционирования>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system>

<http://stackoverflow.com/questions/11217674/how-to-calculate-distance-from-wifi-router-using-signal-strength>

<http://www.findpatent.ru/patent/252/2527483.html>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Трилатерация>

# Приложение

Code

Code

**Как ответить на вопрос кратко: «Что это и зачем нужно?»**

Где брать рецензента вне ИТМО?