

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Вахрушева Анастасия Александровна

Разработка методов геоинформационного картографирования для
целей наземной навигации

Научный доклад об основных результатах
подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

по направлению подготовки
05.06.01 Науки о Земле
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)
профиль «Геоинформатика»

Новосибирск, 2018

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность научного исследования.

Возможность определения местоположения подвижных объектов в современной городской среде, перенасыщенной разнообразными объектами инфраструктуры, и со сложной информационной средой, на текущий момент достаточно сложна: люди часто не в состоянии идентифицировать место своего пребывания и испытывают затруднения в выборе эффективных путей передвижения в городском пространстве, тем более в условиях чрезвычайных ситуаций.

Применение систем позиционирования – одно из приоритетных направлений совершенствования технологических и бизнес процессов в различных отраслях деятельности человека. Современные системы управления наземными подвижными объектами, средства контроля за их движением, сегодня невозможно представить без использования навигационных средств, интегрированных с передовыми геоинформационными технологиями.

При этом одним из ключевых требований к данным системам является непрерывность процесса определения местоположения объекта на местности и отображения его на электронной карте в режиме реального времени. Для достижения данной цели навигационные средства должны обеспечивать стабильную работу в любых условиях окружающей среды, включая наличие преград в виде объектов местности и различных радиоэлектронных возмущающих воздействий со стороны внешних факторов.

Выполненное исследование направлено на обеспечение непрерывности процесса определения местоположения движущихся объектов и их навигации вне зависимости от локализации этих объектов в городском пространстве. Для решения этой проблемы необходима разработка специальной методики определения оптимального расположения приемной аппаратуры, позволяющей снять зависимость возможности и точности

определения местоположения и навигации от внешних условий. Такая методика, основанная на методах геоинформационного картографирования, пространственного анализа и геомоделирования, позволит решить поставленную задачу.

Степень разработанности проблемы.

Важную роль в развитие теории и практики точного позиционирования внесли следующие деятели отечественной и зарубежной науки: Антонович К. М., Карпик А. П., Алешин Б., Липатников Л. А., Сурков В. О, Шеболков В. В., Гудин М., John Stenmark, Борискин А.Д, Вейцель А.В., Вейцель В.А.

В методическом плане работа основывается на трудах отечественных ученых: Антонович К. М., Берлянт А. М., Карпик А. П., Лисицкий Д. В. и др.

Целью настоящей работы является разработка методики геоинформационного картографирования, позволяющей непрерывно определять местоположение движущихся объектов и прокладывать маршруты передвижения с учетом изменяющейся локализации и параметров местности.

Для достижения цели поставлены и решены следующие *задачи*:

1. Выполнить анализ современных навигационных систем.
2. Рассмотреть методы применения комбинированного использования навигационных систем, позволяющих обеспечить непрерывность позиционирования.
3. Разработать радиотехническую навигационную систему определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени.
4. Разработать метод геоинформационного картографирования для целей наземной навигации.

Предмет и объект научного исследования.

Основным *объектом* исследования является геоинформационное картографирование.

Предмет исследования - методика навигационного картографирования.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база научного исследования.

Методология исследования навигационного картографирования базируется, прежде всего, на трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области навигации, а также технологий геоинформационного картографирования.

Для решения поставленных задач использовались методы геоинформационного картографирования, системный картографический подход, эмпирико-математический метод, методы картографического, статистического и сравнительного визуального анализа, современное программное обеспечение и компьютерные технологии.

Научная новизна результатов исследования.

Научная новизна заключается в разработке метода геоинформационного картографирования для целей совершенствования определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени, который отличается от существующих тем, что в роли базовых станций выступают активные RFID-метки, корректировка положения которых происходит на основе комбинированных методов определения местоположения объектов.

В результате достигается непрерывность определения местоположение движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же возможно построение маршрутов передвижения с учетом изменяющейся локализации и параметров местности, что позволяет применять данный метод в условиях чрезвычайных ситуаций.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке модели геоинформационной системы определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени, обеспечивающей непрерывность процесса определения

местоположения и навигации объектов вне зависимости от их локализации в городском пространстве.

Практическая значимость заключается в том, что разработанная методика геоинформационного картографирования позволит:

- обеспечить непрерывность определения местоположение движущихся объектов;
- определить текущее местоположение;
- построить маршрут передвижения с учетом изменяющихся параметров местности;
- собирать статические данные о перемещении.

Определены сферы применения теории на практике: в первую очередь это потребительское применение: навигация как внутри больших помещений (музеи и выставочные павильоны, аэропорты, жд и авто вокзалы, торговые центры, склады и производства), так и за пределами их.

Соответствие научно-квалификационной работы (диссертации) паспорту научной специальности.

Научно-квалификационная работа соответствует области исследования:
7 – Геоинформационное картографирование и другие виды геомоделирования, системный анализ многоуровневой и разнородной геоинформации паспорта научной специальности 25.00.35 Геоинформатика, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки РФ по техническим наукам.

Апробация и реализация результатов научного исследования.

Результаты исследования докладывались и представлялись на следующих конференциях:

- на XII Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016» (18-22 апреля 2016 г., г. Новосибирск);
- на научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование» (16 сентября 2016 г., г. Новосибирск);

- на питч-сессии в рамках Фестиваля науки Новосибирской области «Наука: образы будущего» (27 сентября 2016 г., г. Новосибирск);

- на XIII Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017» (17 апреля 2017 г., г. Новосибирск);

- на XIV Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018» (26 апреля 2018 г., г. Новосибирск).

Результаты исследования планируется внедрить на территории СГУГиТ.

II. СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Во *введении* дано обоснование темы исследования, обозначена цель и задачи для её реализации, отмечена научная новизна, теоритическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

В *первом разделе* освещено современное состояние геоинформационных систем в области наземной навигации. Проведен анализ современного состояния геоинформационных систем в области наземной навигации, выявлении и обосновании проблемы нестабильности, прерывности определения местоположения движущихся объектов и их навигации вне зависимости от локализации в городском пространстве. Показана необходимость поиска новой технологии в наземной навигации, обеспечивающей непрерывность определения местоположения с заданными требованиями с применением геоинформационного картографирования.

Основные различия между существующими системами определения местоположения заключается в масштабе территорий, на которых возможна их работа и точности, с которой происходит определение местоположения.

В настоящее время в наземной навигации существует большое число методов определения местоположения объекта, как правило, все их можно сгруппировать по 4 видам.

Виды наземной навигации:

1. ГНСС (Глобальная навигационная спутниковая система).
2. Автономная система навигации.
3. Радионавигация.
4. Визуальная навигация.

Система ГЛОНАСС/GPS - *глобальные навигационные спутниковые системы* обеспечивающие глобальный охват территории и предоставляющие возможность как абсолютных, так и относительных высокоточных

определений координат и иных навигационных параметров с помощью геодезической и навигационной аппаратуры потребителей.

Системы позиционирования по сигналам ГНСС находят повсеместное применение в различных областях деятельности, однако не всегда точность полученных данных удовлетворяет запросам потребителя, и возникает вопрос о дополнительных геодезических изысканиях.

Для увеличения точности позиционирования, рассмотрено несколько решений. Из которых основное базируется на комплексном использовании методов ГНСС с инерциальными технологиями, а так же сочетание ГНСС с другими методами позиционирования.

Автономная навигационная система – система, в состав которой входят навигационные приборы и устройства, позволяющие космическому аппарату осуществлять измерение и обработку навигационных параметров в автономном режиме.

С точки зрения решаемой задачи, инерциальные навигационные средства (ИНС) представляют непосредственно наибольший интерес из всего многообразия автономных средств навигации. ИНС использует метод определения координат и параметров движения объекта, основанный на свойствах инерции тел и являющийся автономным. Таким образом, не требуется наличие внешних ориентиров или сигналов, поступающих извне.

Значительное преимущество комплексные ИНС приобретают при объединении их с современными ГИС, что позволяет применять данные технологии не только для визуализации навигационной обстановки, но и для реализации ряда профильных задач. Эффективность решения навигационных задач достигается за счет использования электронных топографических карт как вспомогательного источника информации о местности.

Радионавигация - определение местоположения движущегося объекта с помощью радиотехнических устройств, находящихся на объекте и в окружающем пространстве в точках с известными координатами. Иными

словами под радионавигацией понимают навигацию с помощью станций наземного базирования.

Отражения электромагнитных волн от препятствий лежит в основе данного метода локации. Электромагнитные волны, падающие на препятствия, вызывают вынужденные колебания свободных и связанных зарядов. Вынужденные колебания в свою очередь создают вторичное поле. В результате энергия электромагнитных волн рассеивается во всех направлениях, что в свою очередь влечет увеличение площади рассеяния, уменьшая точность определения положения объекта.

Визуальная навигация – система визуально-графических знаков/символов и решений, вычлененная из иных составляющих часть её зрительных воздействий, призванная решать задачи обеспечения ориентации человека в конкретных предметно-пространственных ситуациях. Визуальная информация обладает уникальной возможностью воздействия, это обусловлено лёгкостью восприятия информации и сложностью её обработки человеческим мозгом. Это система информационных носителей, на которых отображается графическая информация, помогающая людям автономно ориентироваться в пространстве. Визуальная навигация может успешно применяться как на открытых пространствах, так и в помещениях.

Погрешность визуальной навигации, прежде всего, зависит от человеческого фактора, а именно уход от вероятного маршрута обусловленный некорректным сопоставлением или отслеживанием ориентиров.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои плюсы и минусы. Ввиду этого, по моему мнению, назвать какой-либо метод оптимальным нельзя. Для достижения более точного определения местоположения объекта следует применить комбинирование нескольких методов.

Во *втором разделе* рассматриваются технологии позиционирования в режиме реального времени, а так же опыт и перспективы применения интернет вещей в навигации.

Система позиционирования в режиме реального времени — сравнительно новая сфера применения технологии WLAN. Представленная система является автоматизированной и гарантирует идентификацию, определение координат, отображение на плане местонахождения контролируемых объектов в пределах выбранной территории. Система позиционирования позволяет не только собирать, обрабатывать и хранить информацию о местонахождении и перемещении людей/предметов и транспортных средств, но и позволяет сигнализировать об отклонениях движения объектов от заданных параметров.

Внедрение систем позиционирования людей и материальных объектов — одно из приоритетных направлений совершенствования технологических и бизнес процессов в различных областях деятельности человека: от мониторинга передвижения покупателей в торгово-развлекательных центрах — до контроля местонахождения персонала и оборудования рабочих; от обнаружения пострадавших при ЧС — до наблюдения за миграцией животных.

Многообразие отраслей применения и условная «новизна» направления породили разнообразие технологий позиционирования. А заодно и названий этой технологии: позиционирование, отслеживание, мониторинг, визуализация, трекинг и т.п.

К системам локального мониторинга относят инфракрасные и ультразвуковые системы. Радиус действия от 3 до 10 м. А благодаря тому, что инфракрасное излучение и ультразвук практически не распространяются через стены и дверные проемы, данные методы возможно применять для определения местоположения объектов лишь внутри помещений.

В системах *инфракрасного позиционирования* приборы испускают инфракрасные импульсы с конкретной периодичностью. Данные импульсы воспринимаются приемниками системы, и местонахождение прибора рассчитывается по времени прохождения сигнала от источника к приемнику.

Дефекты: низкая точность полученных данных и невозможность противостоять помехам от солнечного света.

Ультразвуковые детекторы работают на частотах от 40 до 130 кГц. Расстояние рассчитывается по времени прохождения сигнала от датчика до приемника. Применение нескольких приемников позволяет точно вычислить местоположение передатчика. Недостатки данного метода заключаются в потере сигнала по причине преград, неверные сигналы из-за отражений и помехи от высокочастотных источников звука.

Системы позиционирования с использованием радиочастотных идентификаторов (RFID) – меток

По типу источника питания RFID-метки можно разделить на пассивные, активные, полупассивные.

Пассивные RFID-метки не имеют собственного источника энергии. Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого чипа, размещённого в метке, и передачи ответного сигнала. Областью использования пассивных RFID-меток являются системы автоматизации процессов, где традиционно использовались штрих-коды и магнитные карточки – распознавание товаров, опознание людей и т.п.

Полупассивные (или полуактивные) RFID-метки имеют схожесть с пассивными меткам, но главное отличие в оснащённости батареей, которая обеспечивает чип энергопитанием. При этом дальность действия этих меток зависит только от чувствительности приёмника считывателя, что делает возможным функционирование данных меток на большем расстоянии и с лучшими характеристиками.

Активные RFID-метки имеют большие размеры и могут быть оснащены дополнительной электроникой. В большинстве случаев более надёжны и обеспечивают самую высокую точность считывания на максимальном расстоянии. Наличие собственного источника питания (срок жизни батареи питания до 10 лет) позволяет генерировать выходной сигнал большего

уровня, чем пассивные. Что в свою очередь делает возможным применение активных RFID-меток в более агрессивных для радиочастотного сигнала средах: воде, металлах, для больших расстояний на воздухе. Некоторые RFID-метки имеют встроенные сенсоры, например, для мониторинга температуры скоропортящихся товаров. Другие типы сенсоров в сочетании с активными метками могут применяться для измерения влажности, регистрации толчков/вибрации, света, радиации, температуры и газов в атмосфере.

Активные метки имеют больший радиус считывания (до 300 м) и объём памяти, в отличие от пассивных, и способны хранить больший объём информации для отправки приёмопередатчиком.

В общих чертах, существуют 2 типа активных меток: транспондеры и радиомаяки. Транспондеры активизируются, когда получают сигнал от считывателя. Они используются в автоматизированных системах оплаты проезда, на контрольно-пропускных пунктах, въездных порталах сортировочных дворов и в других подобных системах.

Радиомаяки используются в системах позиционирования в реальном времени, где требуется знание точного местонахождения объекта. В таких системах радиомаяк излучает сигнал с уникальным идентификационным кодом по команде или же с заданной периодичностью. Сигнал принимается как минимум тремя антеннами, расположенными по периметру участка, на котором отслеживаются объекты.

Рассмотрим использование пассивных и полуактивных радиометок в активно развивающейся сфере как Интернет вещей.

Интернет вещей (IoT) - концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Данная концепция подразумевает организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций необходимость участия человека.

Основным в этом определении считается автономность устройств и их умение передавать данные независимо от участия человека.

С точки зрения технологий, IoT включает в себя следующие компоненты:

- устройства и датчики, необходимые для фиксирования события, сбора и анализа данных, а так же их передача по сети;

- средства связи – однородная сетевая инфраструктура, объединяющая разнородные каналы связи – мобильные, спутниковые, беспроводные и фиксированные;

- платформы, предназначенные для управления устройствами и связью, приложениями и аналитикой;

- слой ПО, отвечающий за аналитическую обработку данных, создание функциональных моделей и интеллектуальное управление устройствами;

- система безопасности, отвечающая не только за информационную безопасность компонентов реализации, но и за безопасность операционного процесса.

Уровень актуальности тех или иных IoT - концепций в значительной части зависит от уровня развития производства, состояния телекоммуникационной инфраструктуры, управленческой культуры на муниципальном уровне и нормативных стандартов государства.

Рассмотрим применение интернет вещей в навигации.

В аэропортах. По прогнозу аналитиков к 2019 году большая часть авиакомпаний (57%) будут применять радиомаяки для обеспечения работы навигационных приложений, помогающих пассажирам легко ориентироваться на территории аэропорта. Так, 91% аэропортов намереваются разработать мобильные приложения для навигации по терминалам и 83% приложения для онлайн-информирования пассажиров, например, о дорожной ситуации или об очередях к терминалам. На текущий момент только 9% авиакомпаний внедряют или активно тестируют радиомаяки, но по прогнозам SITA уже к концу 2018 года, доля таких

компаний может вырасти до 44%. Таким образом, радиометки станут ключевыми устройствами, которые будут широко применяться в рамках IoT-концепции аэропортов.

Обеспечение дорожного движения. Использование информационно-навигационных технологий позволит реализовать задачи в области обеспечения безопасности дорожного движения, включая:

- техническую поддержку безопасной эксплуатации автомобиля;
- экстренное реагирование при авариях и предупреждение об опасности на дороге;
- сокращение негативных последствий ДТП (освобождение дорог);
- взаимодействие с системой экстренных служб и иными информационными системами, по обмену данными о ДТП и результатах реагирования на инцидент.

IoT-концепция представляет собой активно развивающуюся отрасль, с вероятностью использования в различных сегментах жизни людей, в том числе для организации навигации.

В виду незначительного опыта в использовании данного сегмента, вырисовываются существенные перспективы развития и активное применение интернет вещей для учета геопространственных данных объектов для целей навигации.

Таким образом, проанализировав имеющиеся технологии, применимые для позиционирования в режиме реального времени, выявлена проблема отсутствия универсальной системы позиционирования, с возможностью реализации определения местоположения движущегося объекта как внутри, так и вне помещений.

В *третьем разделе* рассмотрена предложенная технология позиционирования радиотехнической навигационной системы определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени.

На основании сопоставления достоинств и недостатков систем и методов позиционирования и идентификации движущихся объектов предложено усовершенствованное технологическое решение на базе одного из методов позиционирования.

Для решения выявленной проблемы и реализации поставленных задач предложена усовершенствованная технология позиционирования, с возможностью определения местоположения движущегося объекта как внутри, так и вне помещений, на основе применения RFID-технологии со следующими изменениями: а именно, использование корпусированных активных меток.

Для этого требуется создать единую базу RFID-меток, а так же привести радиометки к единой системе координат.

Технический результат - увеличение точности определения координат движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же выбор эффективных путей передвижения в условиях чрезвычайных ситуаций.

Поставленная задача достигается тем, что радиотехническая навигационная система, содержит радиомаяки, аппаратуру потребителя, навигационный сервер, блок управления и индикации. Согласно концепции, радиомаяки выполнены в виде активных RFID – меток, которые закреплены на стенах зданий с внешней и внутренней стороны в соответствии со схемой размещения, основанный на методах пространственного анализа.

Радиометки приведены к единой системе координат и излучают сигналы с заданной периодичностью, активные RFID – метки и выше упомянутый блок управления и индикации связаны радиоканалами с навигационным сервером.

Схема взаимодействия поясняется 2 иллюстрациями. На рисунке . 1 – показана функциональная схема навигационной системы. Рисунок. 2 отображает взаимодействие между элементами.

Где:

- 1- активные RFID – метки,
- 2- физические объекты уличного пространства,
- 3- навигационная аппаратура потребителя,
- 4- навигационный сервер,
- 5- блок управления и индикации.

Работа предлагаемой радиотехнической навигационной системы заключается в следующем.

Радиотехническая навигационная система строится на основе нескольких активных RFID – меток 1, установленных на физических статических объектах окружающего пространства 2 с известными координатами. Радиометки 1 излучают сигнал с заданной периодичностью.

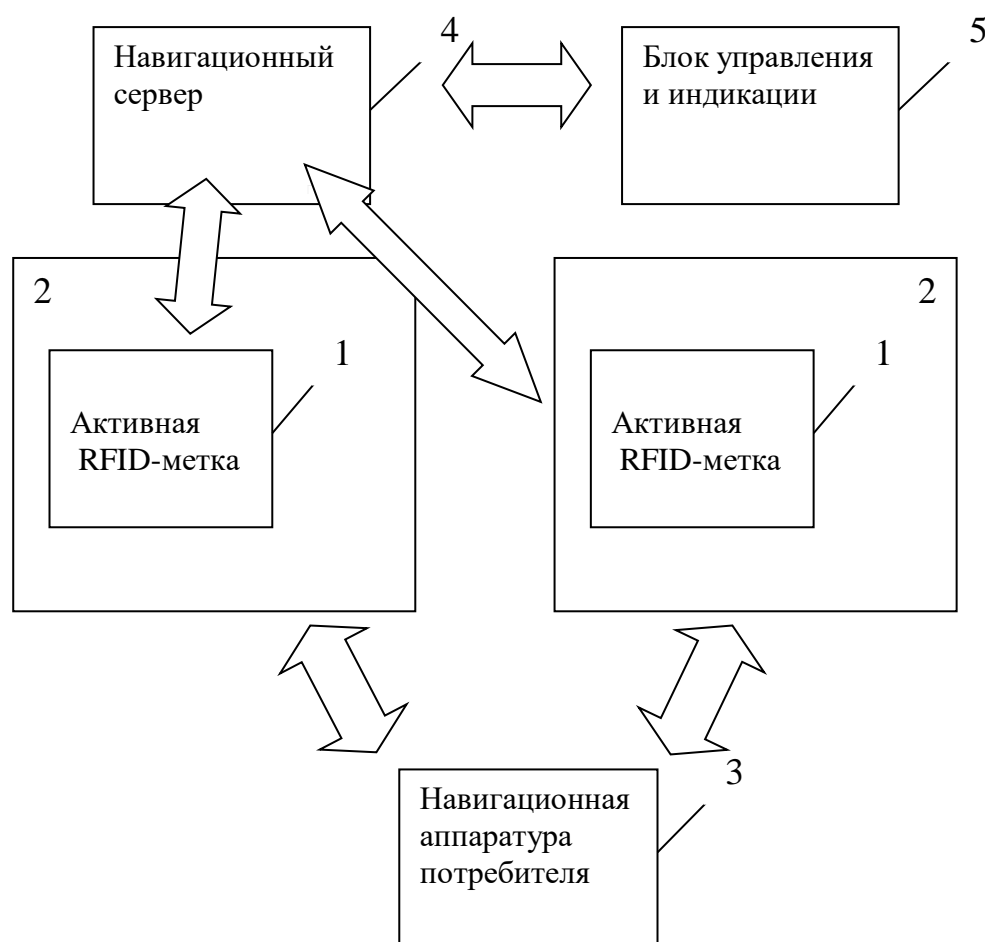


Рисунок 1. Схема взаимодействия элементов навигационной системы.

Расположив RFID-метки 1 на физических статических объектах окружающего пространства 2 и приведя к единой системе координат, мы

получим сплошную зону покрытия выбранной территории с более высокой точностью определения координат объекта в режиме реального времени.

Навигационный сервер 4 применяется для хранения геопространственной информации, хранящейся на радиометке, временных показателей измерений, данных о запросах и параметры аккумулятора меток.

Блок управления и индикации 5 связан радиоканалами с навигационным сервером 4, используя данные с навигационного сервера, служит для учета и корректировки положений RFID – меток 1.

Объект навигации использует навигационную аппаратуру потребителя 3. Сигнал принимается как минимум от трех меток 1, расположенных по периметру участка, на котором отслеживаются объекты. С выхода метки поступают сигналы масштабной частоты. Затем измеряются разности фаз сигналов разностной частоты, принятых от RFID-меток, по которым вычисляется местоположение объекта навигации.

В процессе функционирования навигационная система должна обеспечивать решение следующих основных задач:

- комплексная обработка информации;
- корректировка местоположения;
- выдача навигационной информации на индикатор соответствующим потребителям.

На рисунке 2 представлен принцип действия усовершенствованной навигационной системы.

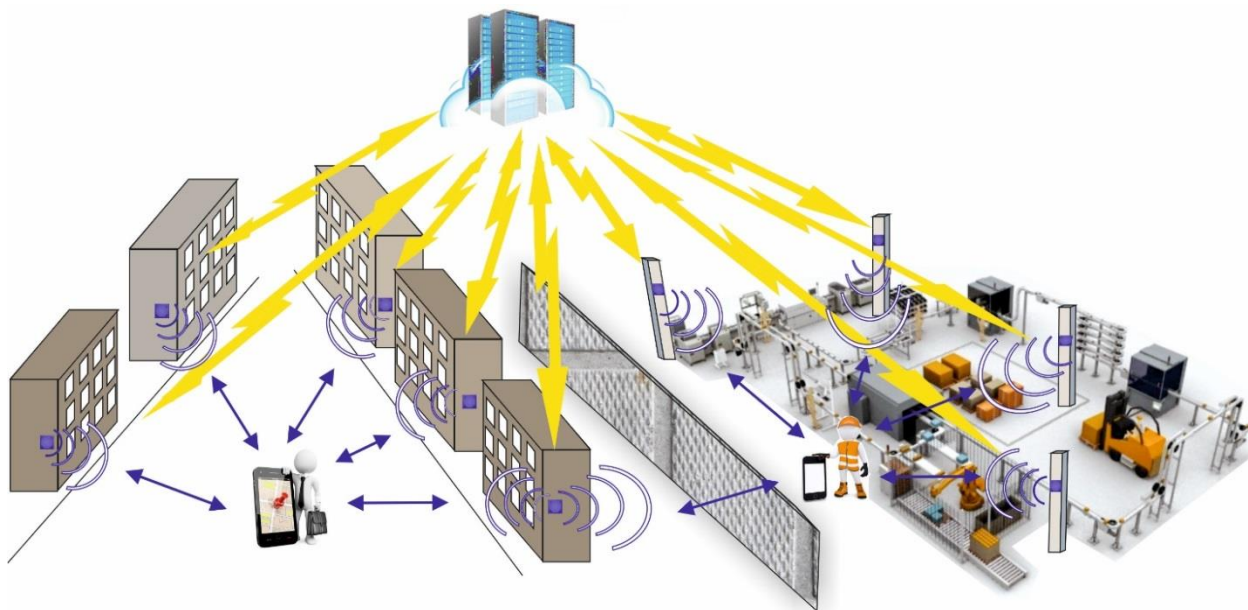


Рисунок 2. Схема навигационной системы, отображающая взаимодействие между элементами.

Представленная технология может быть использована для определения местоположения движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени. Данная технология упростит ориентирование как внутри, так и вне помещений; определит положения пользователя на карте; проложит маршрут пользователя к нужному объекту.

Достоинства усовершенствованной технологии позиционирования:

- возможность определять координаты объекта без учета и знания пройденного пути;
- достаточно высокая точность определения координат и составляющих скорости во всей пространственной рабочей области;
- постоянность действия;
- неограниченность числа обслуживаемых объектов;
- неограниченность использования в любой период суток.

Так же в третьем разделе проанализировано применение пространственного анализа на примере рабочей карты для оптимального расположения RFID-метками во избежание перенасыщения местности.

Так же рассмотрено комплексное использование предложенного метода с техническими средствами мониторинга чрезвычайных ситуаций. Технические средства мониторинга чрезвычайных ситуаций. К ним относят изделия, устройства, приборы и информационно-вычислительные комплексы, предназначенные для обеспечения наблюдения за окружающей средой, техногенными объектами с целью оценки, анализа и своевременного обнаружения изменений и их состояния, происходящих в них процессов и явлений, а также для информационной поддержки принятия решений по предотвращению и устранения ЧС.

Таким образом, взаимодействие именно с данными техническими средствами позволит получать достоверные данные о модифицирующейся обстановке местности.

Для примера рассмотрим взаимодействие с системой пожарного оповещения и управления эвакуации внутри зданий. Стандартно они включают в себя системы оповещения (информационное табло, громкоговорители), но данные системы транслируют общую информацию, с призывом покинуть помещение, не информируя об очагах опасности. Ориентируясь по ним, не всегда можно найти выход или свернуть в безопасную зону.

МЧС России в инструкции о правилах поведения при чрезвычайной ситуации рекомендует покидать здание согласно плану эвакуации. Однако, в экстренной ситуации посетители не всегда адекватно реагируют на происходящее, поддаваясь панике пренебрегают данным правилом.

Стандартная система автоматической пожарной сигнализации для торговых центров обычно включает в себя следующие элементы:

- датчики, установленные на потолке и реагирующие, в зависимости от типа, на изменение состава воздуха, появление дыма или повышение температуры выше определенной отметки;
- контрольно-приемное устройство;

- контроллеры, с помощью которых контрольно-приемное устройство соединяется с компьютером или пультом сотрудников службы безопасности.

Принцип интеграции заключается в подключении системы позиционирования к единому серверу охранной сигнализации. При наступлении ЧС, на сервер поступает информация от контрольных датчиков о событии (задымление/пожар), в данном случае сигнал будет продублирован на навигационный сервер. Откуда, в свою очередь, данные будут переданы на RFID-метки (рисунок 3). При таком взаимодействии маршрут следования внутри помещений будет перестроен с учетом изменений – в обход опасных зон. Таким образом, при взаимодействии двух систем, становится возможным использование предложенной радиотехнической навигационной системы для эвакуации людей из помещений в условиях ЧС.

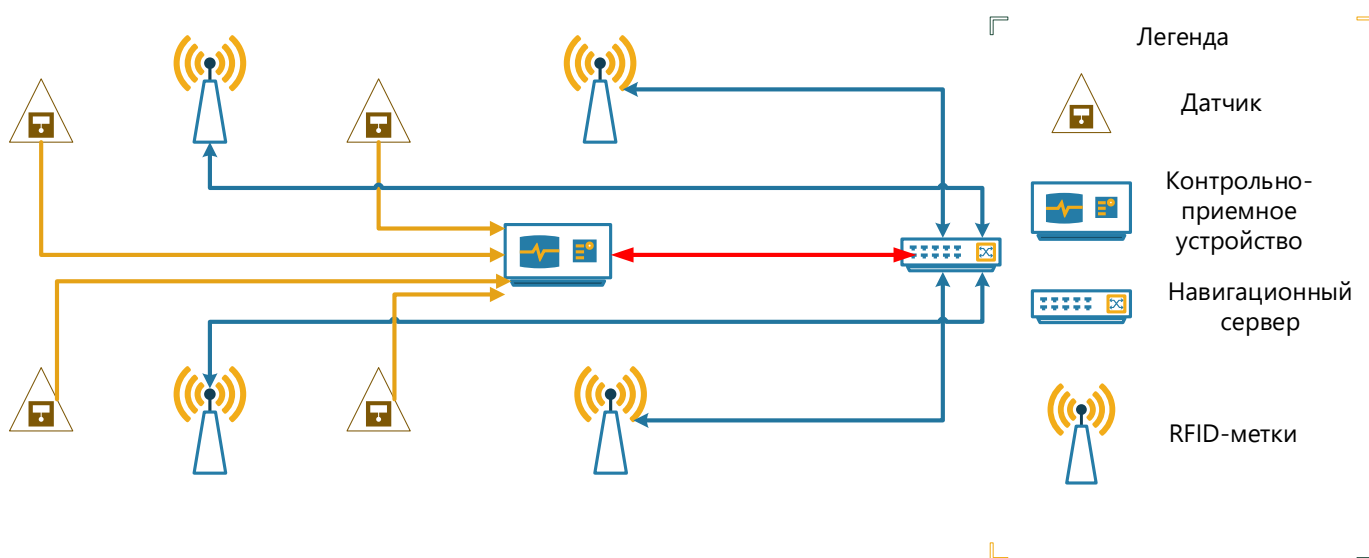


Рисунок 3 . Взаимодействие усовершенствованной технологии позиционирования с техническими средства мониторинга ЧС (на примере автоматической пожарной сигнализации).

На основании сравнения достоинств и недостатков систем позиционирования и идентификации движущихся объектов в городском пространстве предложенная технология позиционирования будет иметь следующие преимущества:

1. Осуществление навигации в помещениях:

- непрерывное определение положения пользователя на карте,
- прокладка маршрута и ведение посетителя по нему к нужному объекту,

2. Анализ посетителей внутри и снаружи здания – оценка проходящего мимо потока.

В дальнейшем рассматривается применение методов дополненной реальности для дополнения визуальной навигации. Возможность построения маршрута и поиска необходимых объектов в здании с помощью графики: отображение на смартфоне 3D элементов визуальной навигации и построение маршрута до выбранной точки.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ)

В результате проведенного исследования поставленная цель достигнута. Сформулированные задачи для реализации цели решены.

Итоги исследования заключаются в следующем:

- выполнен анализ современных навигационных систем, который показал, что имеющиеся навигационные системы навигации и позиционирования не обеспечивают стабильность определения местоположения как внутри, так и вне помещений;

- рассмотрены методы применения комбинированного использования навигационных систем, позволяющих обеспечить непрерывность позиционирования, определены методы обеспечивающие наибольшую стабильность.

- разработана методика геоинформационного картографирования наземной навигации определения местоположения движущегося объекта в городском пространстве в режиме реального времени;

- предложена радиотехническая навигационная система, которая отличается от существующих тем, что в роли базовых станций выступают активные RFID – метки, корректировка положения которых происходит на основе комбинированных методов определения местоположения объектов.

Ввиду чего достигается непрерывность определять местоположение движущихся объектов в городском пространстве в режиме реального времени, а так же возможность построения маршрутов передвижения с учетом изменяющихся параметров местности, что позволяет применять данный метод в условиях чрезвычайных ситуаций.

Определены сферы применения усовершенствованной технологии на практике: в первую очередь это потребительское применение: навигация как внутри больших помещений (музеи и выставочные павильоны, аэропорты, жд и авто вокзалы, торговые центры, склады и производства), так и за пределами их.

IV. СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 6 научных работах, в том числе одна статья «Усовершенствование технологии позиционирования объектов в городском пространстве в режиме реального времени» в рецензируемом издании, входящем в официальный список ВАК.

1. Вахрушева А.А. Актуальные принципы наземной навигации.// Сб. матер. XII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2016», Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия», Т. 1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016, - с.138 – 142
2. Вахрушева А.А. Усовершенствование технологии позиционирования объектов в городском пространстве в режиме реального времени // Вестник СГУГиТ, Том 22 (№1) 2017 г. – с 170-177.
3. Вахрушева А.А. Трехмерное моделирование в наземной навигации. // Сб. матер. научно-практическая конференция «Инженерная графика и трехмерное моделирование», Новосибирск, СГУГиТ, 2017 г., - с. 29 – 31
4. Вахрушева А.А. Опыт и перспективы применения интернет вещей Сб. матер. XIII Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2017», Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»,Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – с 25-30.

Подготовлены и переданы к публикации:

5. Вахрушева А.А. Пространственный анализ для определения плотности данных и оптимального расположение объектов. // Вестник СГУГиТ.- 2018.
6. Вахрушева А.А. Применение indoor навигации в ЧС. // Геодезия и Картография. – 2018.