

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 629.056.8

На правах рукописи

ГОЛУБОВ
Николай Александрович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА
НА ОСНОВЕ ГЕОПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 – Технология приборостроения

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **АЛЕКСЕЕВ Виктор Федорович**,
кандидат технических наук, доцент, заместитель
заведующего кафедрой проектирования инфор-
мационно-компьютерных систем учреждения об-
разования «Белорусский государственный уни-
верситет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **БОНДАРИК Василий Михайлович**,
кандидат технических наук, доцент, заместитель
декана по учебно-методической работе факуль-
тета непрерывного и дистанционного обучения
учреждения образования «Белорусский государ-
ственный университет информатики и радиоэлек-
троники»

Защита диссертации состоится «26» января 2017 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образо-
вания «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлек-
троники».

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня современными достижениями науки пользуются не только ради экономии средств, но и ради достижения эффективности на предприятии, в строительстве, сельском хозяйстве, городского и земельного кадастра, промышленности, добычи ископаемых, распределительной логистике, космической робототехники, системах обеспечения безопасности, геоинформационных и прочих системах контроля и управления.

В настоящее время технологии мониторинга весьма точны и выполняют огромный ряд поставленных задач. Конкурентная борьба является основным двигателем к использованию современных средств контроля положения объекта. Тем самым актуальность системы безопасности на основе геопозиционирования определяется стремительным развитием современных информационно-навигационных систем.

В рамках диссертации выполнен анализ глобальной навигационной системы, включающий в себя проектирование системы охраны объекта на основе геопозиционирования с возможностью удаленного контроля в режиме реального времени, описаны рекомендации по повышению точности спутниковых измерений.

В решении задач, связанных с работой глобальной навигационной спутниковой системы, внесли большой вклад следующие ученые Яценков В.С., Конин В.В., Карлашук В.И., Серапинас Б.Б., Манин А.П., Романов Л.М. и др. Их работы включают в себя как эмпирические, так и практические исследования, и подходы.

Отдельные положения диссертации базируются на исследованиях российских и зарубежных ученых, занимающихся вопросами влияния геометрической погрешности на точность определения пространственных координат. Разработано и запатентовано большое количество навигационных систем управления, для объектов различного назначения.

Большинство теоретических и практических работ, направленных на исследование глобальных навигационных спутниковых систем, подчеркивает значимость и актуальность проводимых исследований.

Автор диссертационной работы выражает благодарность кандидату технических наук, доценту, заместителю заведующего кафедрой проектирование информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники Алексееву Виктору Федоровичу за поддержку и ценные советы при выполнении данной работы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Транспортные компании, владельцы которых ориентированы на максимальную выгоду и стараются сократить непроизводственные расходы, как правило, используют автоматизированные системы спутникового мониторинга для анализа работы транспорта и персонала. Благодаря данным системам можно добиться оптимизации перевозки различных грузов в короткие сроки. Система безопасности со спутниковым слежением за координатами объекта актуальна при работе в сферах строительства, городского и земельного кадастра, сельского хозяйства, промышленности, добычи ископаемых, распределительной логистики, космической робототехники, системах обеспечения безопасности, геоинформационных и прочих системах контроля и управления.

Актуальность мониторинга объекта *GPS* неизменно высока как на малых предприятиях, так и на крупных транспортно-логистических комплексах. Интерес к системам мониторинга *GPS* проявляют службы, обеспечивающие работу такси, службы доставок, дистрибьюторские компании, почтовые службы, диспетчерские службы городского коммунального транспорта и службы организации пассажирских и грузовых перевозок. Следует отметить простоту и низкую стоимость персонального пользовательского устройства позиционирования, а также большую их разновидность. Тем не менее систему *GPS* мониторинга необходимо рассматривать как комплекс устройств, взаимодействующих друг с другом согласно их структуре.

Все эти факторы позволяют сделать вывод, что все возможные операции по повышению качества и точности позиционирования являются актуальными.

Степень разработанности проблемы

В современных исследованиях, представленных в научно-технической литературе, приведены материалы, подтверждающие степень развития глобальных навигационных спутниковых систем и качества работы системы. Несмотря на это среди существующих методик и моделей вопрос точного позиционирования объекта либо отсутствует, либо недостаточно проработан. Это обусловлено сложностью построения алгоритма работы навигационного космического аппарата и его расчета.

В решении задач, связанных с работой глобальной навигационной спутниковой системы, внесли большой вклад следующие ученые Яценков В.С., Конин В.В., Карлашук В.И., Серапинас Б.Б., Манин А.П., Романов Л.М. и др. Их работы включают в себя как эмпирические, так и практические исследования, и подходы.

Цель и задачи исследования

Цель диссертации состоит в разработке системы безопасности объекта на основе геопозиционирования с возможностью удаленного контроля в режиме реального времени.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ глобальной навигационной системы и построить структуру системы безопасности на ее основе.
2. Провести исследование влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат.
3. Разработать алгоритм и модель обнаружителя спутниковых сигналов подконтрольного объекта.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 81 01-2012 специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения.

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу работы легли работы белорусских и зарубежных ученых по изучению повышения точности определения координат подконтрольного объекта, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

Обработка данных проводилась с использованием *MS Excel, Matlab, HDLdesigner*.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке алгоритма модели обнаружителя сигналов глобальной навигационной спутниковой системы.

Теоретическая значимость работы заключается в подробном описании структуры системы безопасности подконтрольного объекта на основе геопозиционирования. Рассмотрены методы и принципы определения координат и поиска сигналов в глобальной навигационной спутниковой системе, методы реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе для подвижных объектов.

Практическая значимость диссертации состоит в разработанной модели обнаружителя спутниковых сигналов для подконтрольного объекта, позволяющей учитывать влияние погрешностей, в том числе влияние геометрического фактора на точность определения пространственных координат. Построение модели обнаружителя сигналов навигационной спутниковой системы *GPS* и его программная реализация на языке *VHDL* позволяет применять построенную модель в качестве прошивки к *FPGA* интегральным микросхемам.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Система безопасности подконтрольного объекта, основанная на использовании глобальной навигационной спутниковой системы, позволяющая определять с заданной точностью местоположение подконтрольного объекта в режиме реального времени.

2. Алгоритм вычисления пространственной ориентации, основанный на исследовании влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат, позволяющий минимизировать количество ошибок позиционирования.

3. Модель обнаружителя спутниковых сигналов, основанная на вычислении параметров пространственной ориентации, позволяющая определять местоположение контролируемого объекта.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты работы по теме диссертации были представлены на XXI Всероссийская научно-техническую конференцию студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» (г. Рязань, Российская Федерация, 16-18 ноября 2016 г.), 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Республика Беларусь, 2015 г.), 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Республика Беларусь, 2016 г.) и 11-й Международной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ-2015» (г. Севастополь, Российская Федерация, 2015 г.).

Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплины «Программирование и проектирование встраиваемых мобильных систем», «Проектирование электронных модулей устройств и систем».

Публикации

Основные положения диссертации и результаты исследования изложены в шести опубликованных работах общим объемом 12 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен анализ глобальной навигационной спутниковой системы и структуры системы безопасности на основе позиционирования, приведен обзор методов и принципов определения координат и поиска сигналов глобальной навигационной спутниковой системе, методы реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе.

Во второй главе представлено исследование влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат, источников ошибок измерений спутниковой навигации, методов вычисления параметров пространственной ориентации решения навигационных задач.

В третьей главе представлены алгоритм и модель обнаружителя спутниковых сигналов для подконтрольного объекта и его программная реализация.

В приложении представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 101 страница. Из них, 27 иллюстраций на 21 странице, 2 таблицы на 2 страницах, библиографический список из 40 наименований на 4 страницах, список собственных публикаций соискателя из 6 наименований на 2 страницах, 4 приложений на 30 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы повышения точности определения пространственных координат, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен анализ глобальной навигационной спутниковой системы и приведена структура системы безопасности на основе геопозиционирования. Рассмотрены методы и принципы определения координат и поиска сигналов в глобальной навигационной спутниковой системе, методы реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе.

Из анализа следует, что система безопасности, основанная на получение и обработки сигналов с различных спутниковых систем – это сложный программно-аппаратный комплекс, использующий для определения координат контролируемого подвижного объекта, систему спутниковой навигации *GPS* и технологию *GPRS* в сетях сотовой связи (*GSM*) для передачи отчетов на сервер. Система *GPS* мониторинга состоит из трех основных компонентов: аппаратная навигационная часть, серверная часть, клиентская часть. Подробный анализ каждой составляющей системы помогает понять структуру системы безопасности в целом, применение которой позволит оптимизировать процесс контроля объекта в различных сферах его деятельности.

Структура системы безопасности на основе позиционирования представлена на рисунке 1.

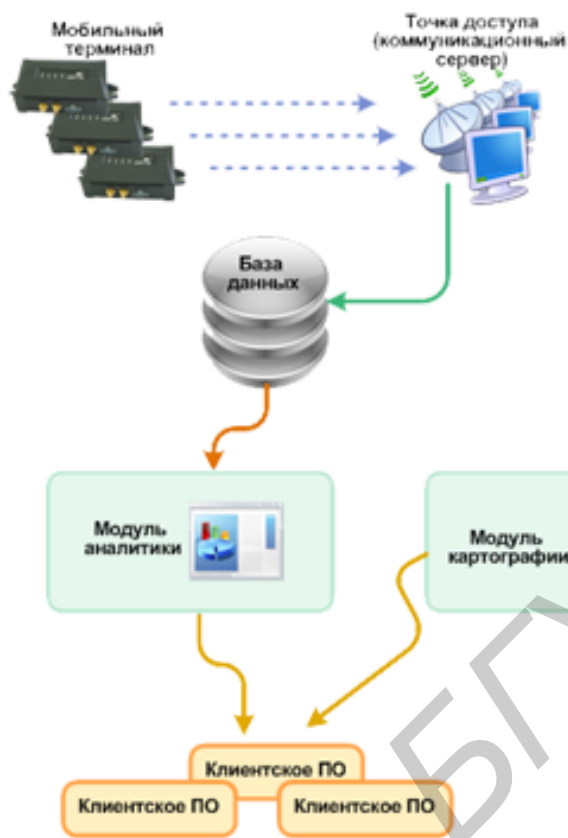


Рисунок 1 – Структура системы безопасности на основе позиционирования

Проанализированы методы и принципы определения координат и поиска сигналов. Выявлены особенности точности определения местоположения подконтрольного объекта и возможные погрешности геопозиционирования. Подробно рассмотрен дифференциальный режим работы спутниковой системы, основанный на методах улучшения характеристик работы навигационной системы, таких, как точность, надежность и доступность, через интеграцию внешних данных в процессе расчета. В свою очередь, спутниковые вспомогательные системы поддерживают увеличение точности сигнала за счет использования спутниковой трансляции сообщений, что существенно повышает точность определения местоположения объекта.

При проведении анализа методов реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе рассмотрены различия между специализированной интегральной схемой *ASIC* и альтернативной для ее применения *FPGA*–технология. В результате анализа выявлены преимущества применения *FPGA*–технологий за счет возможности высокоскоростных параллельных вычислений и существенной меньшими затратами на разработку.

Во второй главе представлено исследование влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат. Рассмотрены источники ошибок измерений спутниковой навигации.

Как правило, при вычислении координат учитываются следующие стандартные факторы снижения точности:

– горизонтальный фактор снижения точности (*HDOP*) – показывает степень влияния точности определения горизонтали на погрешность вычисления координат;

– фактор снижения точности определения положения (*PDOP*) – это безразмерный показатель, который описывает, как влияет на точность определения координат погрешность псевдодальности;

– относительный фактор снижения точности (*RDOP*) – по сути равен фактору снижения точности, нормализованному на период, составляющий 60 с;

– временной фактор снижения точности (*TDOP*) – описывает степень влияния погрешности показаний часов на точность определения координат;

– вертикальный фактор снижения точности (*VDOP*) – показывает степень влияния погрешности в вертикальной плоскости на точность определения координат;

– геометрический фактор снижения точности (*GDOP*) – говорит о степени влияния погрешностей псевдодальности (последняя характеризует меру удаленности потребителя от *GPS*-спутника). Зависит от положения спутника относительно *GPS*-приемника и от смещения показания *GPS*-часов. Различие значений псевдодальности и фактической дальности связано со смещением показаний часов *GPS*-спутника и потребителя, а также с задержками распространения и другими ошибками.

Геометрическое снижение точности (*GDOP*) – мера строгости спутниковой геометрии, связанной с расположением спутников на небесной сфере. *DOP* может усилить воздействие ошибок определения координат спутника.

Принцип может быть лучше проиллюстрирован схемами на рисунках 2 и 3. В случае, когда спутники расположены на небесной сфере достаточно широко («сильная» геометрия), искомое положение может находиться в пределах заштрихованной области (рисунок 2), и границы возможной ошибки малы. Когда спутники в области видимости находятся слишком близко друг другу («слабая» геометрия), размер заштрихованной увеличивается, что увеличивает неопределенность положения (рисунок 3).

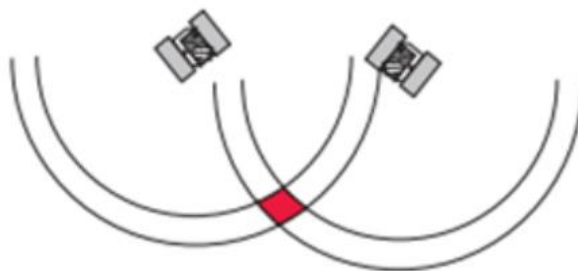


Рисунок 2 – Низкая неопределенность положения при «сильной» геометрии

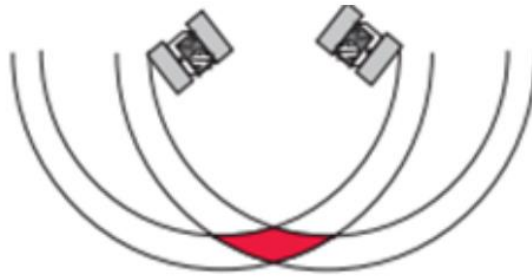


Рисунок 3 – Высокая неопределенность положения при «слабой» геометрии

В зависимости от угла между направлениями на спутники область пересечения размытых окружностей (область неопределенности местоположения) может быть либо аккуратным небольшим квадратиком, либо сильно растянутым и неправильным четырехугольником. Проще говоря, чем больше угол между направлениями на спутники, тем точнее местоопределение.

В третьей главе представлен алгоритм и модель обнаружителя сигналов спутника. Обнаружение требуется в каждом логическом канале, поэтому реализация обнаружителя во многом играет определяющую роль в определении требуемых ресурсов *FPGA*. В качестве обнаружителя могут выступать, как коррелятор, так и согласованный фильтр.

Для качественной проверки работы обнаружителя, реализованного непосредственно на *FPGA*, необходимо создать его модель в среде *Matlab*. Результат моделирования процесса обнаружения необходимо сравнить с результатами тестирования реально созданного обнаружителя на *FPGA*, при подаче на *FPGA* генератора реального сигнала, построенного на основе *C/A*-кода.

Сама модель таким образом состоит из следующих частей – схема формирования тестового сигнала, непосредственно сам обнаружитель и модуль, формирующий вывод результатов в виде графиков. Структурная схема тестовой модели приведена на рисунке 4.

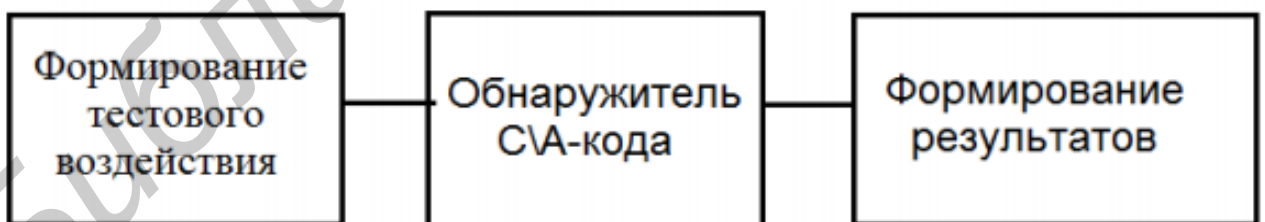


Рисунок 4 – Структурная схема тестовой модели

Полученная модель использована для тестирования прошивки, полученной для *FPGA*. Критериями сравнения являются ширина пика, соответствующего максимуму, а также отношение значения этого пика к уровню окружающих значений.

На вход фильтра подается некоторая реализация, представляющая сумму биполярного C/A -кода и аддитивного Гауссовского шума в полосе сигнала.

Фильтр осуществляет быструю свертку поступившей реализации с псевдослучайной последовательностью. Затем находится пик результата быстрой свертки и принимается решение о принятой реализации: содержит или нет она исходную псевдослучайную последовательность.

Входная реализация процесса задается как периодически повторяющаяся псевдослучайная последовательность с шумом.

Первый этап работы обнаружителя заключается в накоплении двух периодов входной псевдослучайной последовательности с учетом числа символов на чип. Затем наступает второй этап – непосредственно реализация быстрой свертки и обработка полученных результатов. После завершения, если необходимо, происходит перестройка частоты на величину выбранного шага.

Погрешности в спутниковых измерениях могут возникнуть в случае, когда приемник в области видимости находит малое количество спутников. Как было сказано ранее, для того, чтобы *GPS*-приемник мог определить трехмерные координаты и время, ему необходимо «видеть» как минимум 4 спутника. «Видимость» приемником спутников может быть осложнена рельефом местности, крупногабаритными городскими строениями, атмосферными осадками, антенна *GPS* приемника не может принимать сигнал со всех сторон из-за препятствий.

Отмечается единственным решением в повышении точности спутниковых измерений на данный момент является наблюдение большего количества спутников. Возможность слежения за большим количеством спутников может помочь в такой ситуации. Применение совмещенных приемников *GPS/ГЛОНАСС* может позволить достичь требуемой точности. Если получен сигнал только из ограниченной области небесного пространства, значение *GDOP* будет большим, точность определения времени и координат объекта уменьшится. Новые технологии, используемые при создании приемников, позволяющие работать со слабыми сигналами *GPS* даже внутри зданий также позволят добиться хороших результатов.

Одной из таких технологий является применение дифференциального режима *DGPS*.

Дифференциальный режим *DGPS* используется для повышения точности *GPS* путем исключения атмосферных искажений сигнала на приемниках. Сигналы *DGPS* коррекции посылаются пользователям по радио. *DGPS*-приемник работает на средних частотах 283,5–325 кГц. Передаваясь, сигналы на этих частотах отражаются от поверхности земли. По-

этому холмистая и горная местность обычно не влияет на прием сигнала. Однако в глубоких каньонах далеко от радиомаяка, где радиосигналы традиционно слабы, сигналы коррекции могут быть не приняты.

Точность определения местоположения с помощью *GPS* обычно составляет от 5 до 30 метров, чего явно недостаточно при проведении работ, требующих высокой точности определения координат. Система *DGPS* предназначена для повышения точности определения координат, обеспечивая получение *GPS*–приемником дополнительных дифференциальных поправок. Дифференциальный режим позволяет уменьшить неопределенности измерений до 0,25 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены: анализ системы безопасности объекта на основе геопозиционирования. С помощью разработанной модели проанализированы факторы, влияющие на точность определение координат навигационных космических аппаратов.

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ глобальной навигационной спутниковой системы и структуры системы безопасности объекта на основе геопозиционирования, рассмотрены методы и принципы определения координат и поиска сигналов спутников. Исследованы методы реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе для подвижных объектов с применением новейшей элементной базы.

2. Проведено исследование ошибок измерений спутниковой навигации, влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат, рассмотрены основные навигационные задачи. Представлен и рассмотрен алгоритм вычисления параметров пространственной ориентации.

3. Разработана и построена модель обнаружителя спутниковых сигналов для подконтрольного объекта по построенному алгоритму обнаружителя сигналов навигационных космических аппаратов, и его программная реализация на языке *VHDL*.

Полученные результаты и алгоритм работы обнаружителя были промоделированы в программном продукте *Matlab*, подтверждена его работоспособность и уникальность. На основе полученных данных предложены рекомендации по повышению точности спутниковых измерений. Полученные результаты анализа работы глобальной навигационной спутниковой системы и исследования влияния ошибок измерения и позиционирования на точность определения пространственных координат могут быть применены для построения актуальной системы безопасности объекта, согласно структуре, описанной в диссертации.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно–компьютерных систем учреждения

образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Программирование и проектирование встраиваемых мобильных систем», «Проектирование электронных модулей устройств и систем».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Голубов, Н.А. Система охраны автомобиля со спутниковым слежением за координатами и передачей оповещения по каналу *GSM* / Н.А. Голубов // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; ред.кол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015.

2. Голубов, Н.А. Система охраны автомобиля со спутниковым слежением за координатами и передачей оповещения по каналу *GSM* / Н.А. Голубов // 11-я международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015» – 16–20 ноября 2015 г., Севастополь, Российская Федерация.

3. Голубов, Н.А. Средства и методы определения координат объекта / Н.А. Голубов // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – в печати.

4. Голубов, Н.А. Характеристика системы спутниковой навигации *GPS* / Н.А. Голубов // материалы 52-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 25–30 апреля 2016 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2016. – в печати.

5. Голубов, Н.А. Средства и методы определения координат объекта / Н.А. Голубов // XXI Всероссийская научно-техническую конференцию студентов, молодых ученых и специалистов «Новые Информационные Технологии в Научных Исследованиях», Рязань, Российская Федерация, 16–18 ноября 2016 г. / Рязанский Государственный Радиотехнический Университет. – Рязань, 2016. – в печати.

6. Голубов, Н.А. Алгоритмы обработки сигналов и извлечения навигационной информации / Н.А. Голубов // XXI Всероссийская научно-техническую конференцию студентов, молодых ученых и специалистов «Новые Информационные Технологии в Научных Исследованиях», Рязань, Российская Федерация, 16–18 ноября 2016 г. / Рязанский Государственный Радиотехнический Университет. – Рязань, 2016. – в печати.

РЭЗІЮМЭ

Голубаў Мікалай Аляксандравіч

Праектаванне сістэмы бяспекі аб'екта на аснове геопазіцыянавання з магчымасцю аддаленага кантролю ў рэжыме рэальнага часу.

Ключавыя словы: глабальная навігацыйная спадарожнікавая сістэма, сістэма бяспекі, GPS навігацыя, мадэль.

Мэта працы: Праектаванне сістэмы бяспекі аб'екта на аснове геопазіцыянавання з магчымасцю аддаленага кантролю ў рэжыме рэальнага часу.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананы аналіз глабальнай навігацыйнай спадарожнікавай сістэмы і пры-ведена структура сістэмы бяспекі на аснове вызначэнне месца. Разгледжаны метады і прынцыпы вызначэння каардынатаў і пошуку сігналаў у глабальнай навігацыйнай спадарожнікавай сістэме, метады рэалізацыі навігацыйных прылад на праграмуемай элементнай базе. Праварым адведзена даследаванне ўплыў геаметрычнага фактару на дакладнасць вызначэння прасторавых каардынат, крыніц памылак вымярэнняў спадарожнікавай навігацыі, метады вырашэння навігацыйных задач. Распрацаваны алгарытм і мадэль Дэтэктар сігналаў навігацыйнай спадарожнікавай сістэмы, і яго праграмная рэалізацыя ў адпаведнасці з пабудаваным ал-горитмом. У выніку распрацоўкі алгарытму ўстаноўлена перавага выкарыстання *FPGA* тэхналогіі пры рэалізацыі карыстацкіх навігацыйных прылад.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранены ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстановы адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Праграмаванне і праектаванне ўбудавальных мабільных сістэм», «Праектаванне электронных модуляў прылад і сістэм».

Вобласць ужывання: паўправадніковая прамысловасць, мікропро-цес-сорныя сістэмы.

РЕЗЮМЕ

Голубов Николай Александрович

Проектирование системы безопасности объекта на основе геопозиционирования объекта с возможностью удаленного контроля в режиме реального времени

Ключевые слова: глобальная навигационная спутниковая система, система безопасности, GPS навигация, модель.

Цель работы: Проектирование системы безопасности объекта на основе геопозиционирования с возможностью удаленного контроля в режиме реального времени.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ глобальной навигационной спутниковой системы и приведена структура системы безопасности на основе геопозиционирования. Рассмотрены методы и принципы определения координат и поиска сигналов в глобальной навигационной спутниковой системе, методы реализации навигационных устройств на программируемой элементной базе. Проведено исследование влияния геометрического фактора на точность определения пространственных координат, источников ошибок измерений спутниковой навигации, методы решения навигационных задач. Разработан алгоритм и модель обнаружителя сигналов навигационной спутниковой системы, и его программная реализация в соответствии с построенным алгоритмом. В результате разработки алгоритма установлено преимущество использования FPGA технологии при реализации пользовательских навигационных устройств.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Программирование и проектирование встраиваемых мобильных систем», «Проектирование электронных модулей устройств и систем».

Область применения: строительство, сельское хозяйство, распределительная логистика, космическая робототехника, системы управления.

SUMMARY

Golubov Nickolay Aleksandrovich

Design of a security system of an object based on geopositioning of an object with a possibility of remote control in real time

Keywords: global navigation satellite system, security system, GPS navigation, model.

The object of study: Design of a security system of an object based on geopositioning of an object with a possibility of remote control in real time

The results and novelty: the analysis of the global navigation satellite system is made and the structure of a security system based on geopositioning is given. Methods and the principles of determination of coordinates and search of signals in the global navigation satellite system, implementation methods of navigation devices on programmable element base are considered. The research influence of a geometrical factor on the accuracy of determination of spatial coordinates, sources of errors of measurements of satellite navigation, methods of the solution of navigation tasks is conducted. The algorithm and model of the detector of signals of navigation satellite system, and its program implementation according to the constructed algorithm is developed. As a result of development of an algorithm the benefit of use of FPGA technology in case of sale of the user navigation devices is established.

Degree of use: the results implemented in the educational process at the department of design information and computer systems educational institution «Belarus State University of Informatics and Radio Electronics» in the course «Programming and design of embedded mobile systems», «Design of electronic modules devices and systems».

Sphere of application: Civil engineering, construction, agriculture, distribution logistics, space robotics, control systems.