

«УТВЕРЖДАЮ»

Член Правления – Начальник КБ

ПАО «Ярославский радиозавод»

С.С. Поелуев

« 30 » августа 2021 г.



О Т З Ы В

ведущей организации ПАО «Ярославский радиозавод» на диссертационную работу Антипова Владимира Алексеевича «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность выполненной работы

Диссертационная работа посвящена одному из актуальных направлений в сфере радиотехнических систем и систем прикладного телевидения – задаче одновременной локализации и построения карты окружающего пространства (задача SLAM). В работе рассматриваются как вопросы повышения точности локализации, так и быстродействия алгоритмов SLAM.

Для работы некоторых систем прикладного телевидения требуется получение информации о месторасположении того или иного объекта и локализации камеры. Как правило, сложность задачи определения месторасположения объектов и камеры обусловлена различными помехами, либо связана с затруднениями реализации каналов связи. В частности, для некоторых систем прикладного телевидения требуется определение локализации объектов с высокой точностью, чего невозможно достичь с помощью стандартных систем позиционирования.

Основной фокус работы направлен на разработку улучшенного алгоритма одновременной локализации и построения карты и его модификаций.

Данные обстоятельства придают проведенным в ходе выполнения работы исследованиям важное теоретическое и практическое значение для развития систем прикладного телевидения.

Научная новизна и достоверность проведенных исследований и полученных результатов

Наиболее значимые научные результаты, полученные в ходе проведения диссертационных исследований, заключаются в следующем:

- Разработан обобщенный алгоритм EKF-SLAM, отличающийся возможностью интеграции нескольких типов датчиков и использования нескольких оценок состояния системы, полученных разным путем, для уточнения параметров системы в расширенном фильтре Калмана. Алгоритм отличается тем, что позволяет рассматривать сложные динамические системы (например, группу мобильных платформ), формировать и обрабатывать локальные карты по заданным критериям.
- Разработан алгоритм одновременной локализации камеры и построения карты и его модификации с использованием камеры и лазерной сканирующей системы, отличающиеся интеграцией двух типов датчиков в расширенном фильтре Калмана, применением сферической модели камеры и контурного анализа. Алгоритм позволяет строить карту, состоящую из вектора состояния и ковариационной матрицы, двумерную карту проходимости, а также трехмерную карту окружающей среды.
- Улучшены алгоритмы детектирования пространственных ориентиров по данным лазерной сканирующей системы. Они отличаются дополнительным преобразованием данных лидара в комплекснозначный сигнал и его делением на сегменты.
- Разработан алгоритм построения локальных карт с равномерным использованием ориентиров. Алгоритм отличается тем, что учитывает корреляцию между всеми ориентирами с сохранением линейной вычислительной сложности.
- Разработан алгоритм реконструкции трехмерной сцены. Он отличается тем, что в процессе реконструкции используются панорамные изображения, полученные от камеры с объективом типа «рыбий глаз», и учитывается сферическая модель камеры.

В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области одновременной локализации и построения карты. Теоретические и практические результаты работы не противоречат данным, представленным в работах других авторов, посвященных данной тематике.

Также достоверность основных положений и полученных результатов подтверждается:

- корректным использованием математического аппарата общей теории вероятностей, теории цифровой обработки сигналов и изображений;
- результатами моделирования, включающими сравнение с альтернативными алгоритмами;
- актами внедрения предложенных алгоритмов и разработанного программного обеспечения;
- апробацией результатов диссертационной работы на международных и всероссийских конференциях.

Практическая значимость

Практическая значимость проведенных в ходе выполнения работы исследований заключается в следующем:

- Предложен обобщенный алгоритм EKF-SLAM, который позволяет рассматривать сложные динамические системы, использовать несколько оценок состояния системы для повышения точности, а также формировать и обрабатывать локальные карты. Это позволяет рационально контролировать точность построения карты, определения месторасположения и вычислительные ресурсы. Таким же способом можно обобщить и другие алгоритмы на базе расширенного фильтра Калмана, применяемые в других областях науки, промышленности и техники.
- Предложен и реализован на языке высокого уровня алгоритм одновременной локализации и построения карты на основе цифровой обработки телевизионных изображений и данных лазерной сканирующей системы с использованием системы прикладного телевидения. Данный алгоритм позволяет строить траекторию движения мобильной платформы, карту проходимости и трехмерную карту окружающей среды. Определены ошибки определения месторасположения мобильной платформы разработанного алгоритма по метрикам RPE и ATE.
- Получены результаты исследования применимости различных подходов и особенностей реализации задачи одновременной локализации и построения карты в системе прикладного телевидения.
- Предложен способ представления данных лидара в комплекснозначный сигнал (контур). Такой способ представления

дает возможность применять корреляционные и спектральные методы обработки сигналов к данным лидара.

Апробация работы

Результаты работы докладывались и обсуждались на ряде научных и научно-технических конференций различного уровня, включая международный и всероссийский.

Основные публикации по теме исследований

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций, 5 публикаций в научных изданиях, индексируемых Scopus и IEEE Explore; получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе

1. Проведен недостаточный анализ и сравнение предложенного алгоритма SLAM относительно существующих аналогов, работающих не на базе расширенного фильтра Калмана.
2. Не показана зависимость ошибки позиционирования от частоты обновления оценки состояния системы.
3. Не приведена оценка требований к аппаратным платформам, на которых возможна реализация разработанных алгоритмов.
4. В оформлении работы присутствуют некоторые неточности и ошибки.

Заключение

На заседании научно-технического совета ПАО «Ярославский радиозавод» утверждено, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне, и соответствует паспорту специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Приведенные в отзыве недостатки не умаляют научной и практической значимости исследований, проведенных соискателем. В целом работа производит положительное впечатление и подтверждает высокую квалификацию соискателя.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа «Повышение точности позиционирования камеры в системе прикладного телевидения с использованием расширенного фильтра Калмана» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»,

предъявляемым ВАК к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Антипов Владимир Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Ведущий инженер-программист
ПАО «Ярославский радиозавод»,
к.т.н.



Евгений Владимирович Сергеев

30.08.2021

Почтовый адрес: г. Ярославль, ул. Марголина 13, 150010
Телефон +7(4852) 48-73-72
yarz@yarz.ru