

Бажинов Алексей Васильевич, д.т.н., професор
Берус Станислав Викторович, аспирант
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ВИЗУАЛЬНАЯ НАВИГАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Активно развивающимся сегодня методом является визуальная одометрия – способ автономной оценки собственного перемещения потребителя по изображениям бортовых телекамер путем счисления координат, которой не зависим от иных объектов и устойчив к потере сигналов. Визуальная одометрия не требует наличия заранее известных точек отсчета или маяков; является относительным способом навигации, позволяет оценить текущее положение потребителя счислением координат и нечувствительна к изменениям в среде; измеряет перемещение потребителя бесконтактно и не чувствительна к проскальзыванию колес, позволяет ориентироваться по подстилающей поверхности и не требует наличия объектов в среде как ультразвуковой дальномер. Поэтому визуальная одометрия может компенсировать недостатки традиционных навигационных датчиков.

Одновременная локализация и картографирование (англ. simultaneous localization and mapping (SLAM) – это задача построения и обновления карты неизвестной среды и одновременного определения положения робота на этой карте. Задача SLAM одна из самых актуальных задач современной робототехники, и на сегодня над ее решением посвящено огромное количество исследований. В общем, для построения карты делается описание объектов рядом с роботом, определяются координаты этих объектов, объекты наносятся на карту, а когда робот снова оказывается в том же месте эти объекты распознаются по записанным признакам и вычисляются текущие координаты робота на карте. Для описания объектов одновременно используются всевозможные источники информации: профиль среды с лазерного дальномера и ультразвуковых датчиков, одиночное или стерео изображение объекта с телекамеры, информация о наличии препятствий с контактных датчиков, уточнение глобального положения по GPS и компасу, корректировка измерения малых смещений по относительным датчикам и т. д.

Преимущество такого подхода – получение абсолютной навигационной системы без накопления ошибки со временем в недетерминированной среде без необходимости установки дополнительного оборудования.

Но существует два взаимосвязанных недостатка. Первый недостаток – вычислительная сложность, которая к тому же увеличивается при увеличении размера карты. Отмечено, что SLAM – одна из фундаментальных задач робототехники, но большинство существующих сегодня решений не могут работать с картой больших размеров в основном из-за увеличения вычислительной сложности, которое усугубляется появлением неопределенностей при увеличении карты. Под «большой картой» здесь понимается относительно небольшое пространство как футбольное поле.

Появление неопределенностей связано с тем, что не всегда удается выделить, описать и в дальнейшем узнать объекты. Эта проблема проявляется особенно остро, если система накопила некоторую ошибку и находится рядом с однотипными объектами, которые сложно отличить друг от друга, например, когда робот движется по дороге рядом с деревьями. Объекты на карте могут быть похожи друг на друга. Для нахождения таких объектов в неблагоприятной для SLAM среде нужно применять более и более сложные алгоритмы обработки данных с датчиков, что усугубляется при увеличении карты. В итоге, робот либо ориентируется по ограниченному количеству объектов с низкой точностью, либо не может быстро передвигаться и строить большую карту. Второй недостаток – чувствительность к изменениям в среде. Этот недостаток связан с первым. Если применять сложные алгоритмы обработки информации и описывать как можно больше окружающих объектов, изучать пространство со всех ракурсов, то даже существенные изменения в среде могут быть корректно обработаны при возвращении в ту же точку. Но из-за вычислительной сложности и ограниченности рабочей области датчиков, особенно телекамер, при прямолинейном движении без остановок и дополнительных движений удастся описать ограниченное количество объектов. Поэтому реализации SLAM реального времени оказываются чувствительны к изменениям в среде. Из этих недостатков вытекает еще один: SLAM затруднен, если требуется возвращаться с полным разворотом, если необходимо использовать датчики впереди робота.

При движении за оператором робот с помощью лазерного дальномера и телекамеры строит карту местности итеративным алгоритмом ближайших точек с дополнительной фильтрацией движущихся объектов. Возвращение осуществляется по построенной карте, которая сравнивается с наблюдаемой сценой с применением теории потенциалов. При прямолинейном движении такие статические ориентиры возможно запомнить только в поле зрения телекамеры и дальномера. Угол обзора дальномера (около 180°) позволяет найти такие ориентиры, но по визуальной информации в таком случае описываются только объекты впереди робота.

Недостатки визуального SLAM по сравнению с визуальной одометрией следующие. Во-первых, размер карты SLAM ограничен. С увеличением карты возрастает не только необходимый для ее хранения объем памяти, но и время каждой итерации сравнения наблюдаемой и сохраненной сцены. Во-вторых, при построении карты в каждой сцене используется всего 10-15 особенностей. Количество особенностей, которые распознаются на обратном пути меньше. При изменениях в среде количество распознаваемых особенностей еще меньше, поэтому точность снижается. Более того, эти особенности могут быть перепутаны. Визуальный одометр анализирует положения сотни особых точек, поэтому на коротких участках дает лучшую точность и может работать, даже если сцена полностью изменилась.

Сопоставляя два изображения можно находить трехмерные координаты точек пространства. Идея алгоритма визуальной одометрии заключается в том,

чтобы выделять на стереоизображениях набор точек, обладающих определенным свойством, например, неровности на асфальте и т. п., и наблюдать их изменение положения, а затем пересчитывать это изменение в смещение и угол поворота транспортного робота (рис.1).

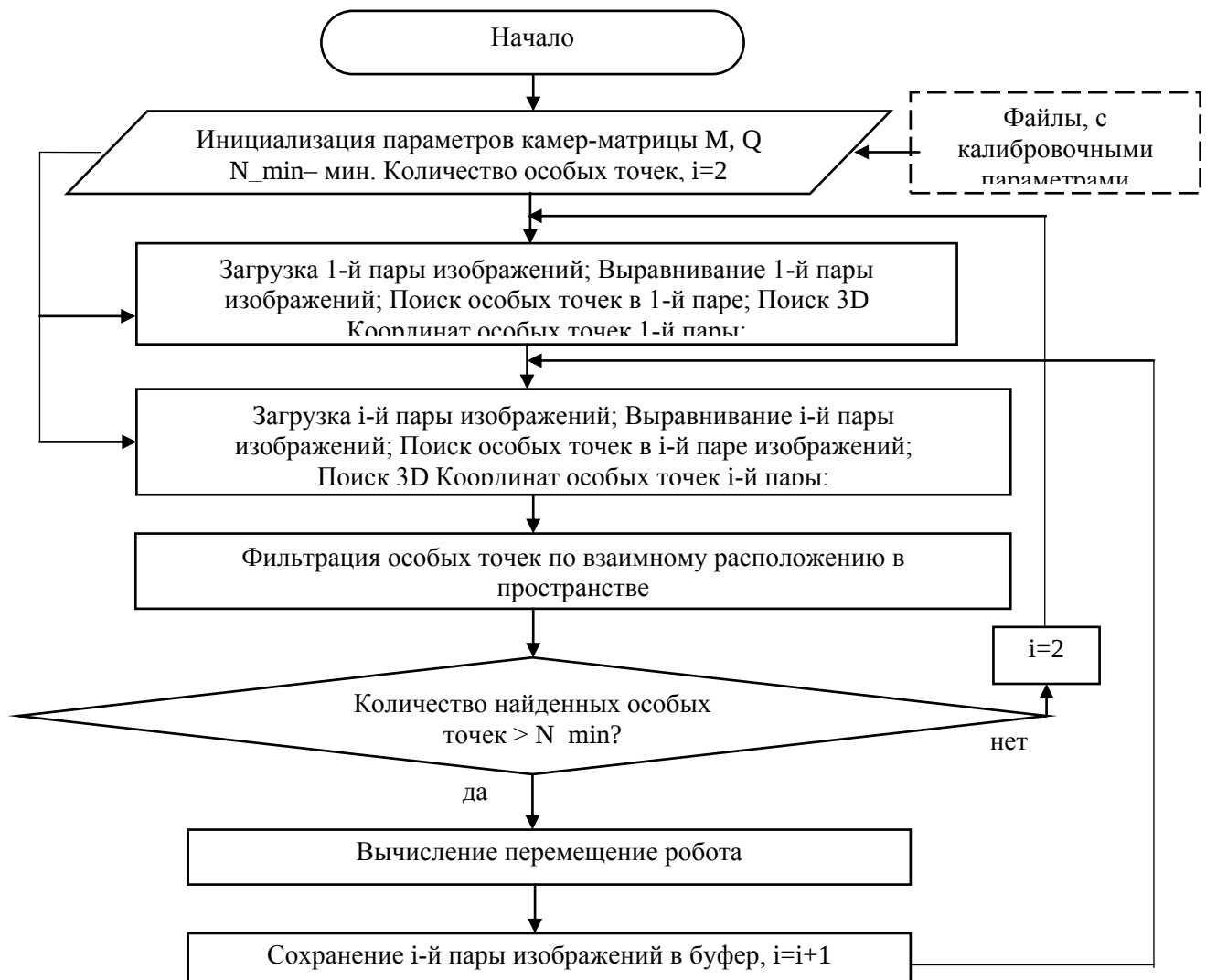


Рис.1. Алгоритм визуальной одометрии

Литература

Применение ансамбльного фильтра Калмана для оценки положения автомобиля-робота / Т.Н. Нгуен, Ю.С. Глазунова, С.А. Голь, В.С. Леушкин // Вестник рязанского государственного радиотехнического университета № 4 (вып. 46), Ч.3. – Рязань: РГРТУ, 2013. – С.23 – 28.
 Dolgov, D.; Thrun, S.; Montemerlo, M. & Diebel, J. Path Planning for Autonomous Vehicles in Unknown Semi-structured Environments. I. J. Robotic Res., 29, 485-501., 2010.