

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КАРТЫ ОКРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ LSD-SLAM МЕТОДА

Е.А. Погадаев

А.С. Фадеев

Томский политехнический университет

eap1@tpu.ru

Введение

В настоящее время наблюдается рост применения автономных подвижных объектов, в частности, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) в различных сферах человеческой деятельности. БПЛА способны выполнять автономные полеты, однако их собственная локализация зависит от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Использование таких систем недостаточно в закрытых помещениях или в условиях помех по причине низкой точности позиционирования подвижного объекта. Использование SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) методов решает задачу одновременного картографирования и локализации БПЛА в закрытых помещениях [1].

В данной статье рассматривается применение монокулярного LSD-SLAM метода (Large Scale Direct). Это обусловлено тем, что другие монокулярные SLAM методы использует только малую часть информации из изображений – признаки (например, ребра), что, в свою очередь снижает точность и надежность в слабо текстурированной обстановке и снижает плотность построенного ключевого кадра. Кроме того, LSD-SLAM метод выполняет построение карт имеющих высокую плотность точек [2].

Описание экспериментальной установки

Платформа, на которой производился эксперимент, представляет собой персональный компьютер со следующими основными характеристиками: CPU – Intel Core i5, 3,0 GHz, 8 GB RAM, ОС Ubuntu, камера с разрешением 640x480 пикселей. Для тестирования были выбраны свободные реализации алгоритма LSD-SLAM для фреймворка Robot Operating System (ROS) без использования возможности ускорения параллельных вычислений (таких, как OpenCL или CUDA).

LSD-SLAM метод предлагает в качестве входных данных для составления модели местности использовать наиболее контрастные области изображения для получения карты глубины пространства. Метод основан на параллельной работе трех процедур: локализация, построение карты и оптимизация карты. Компонент локализации оценивает положение каждого нового кадра относительно текущего ключевого кадра. Компонент построения карты обрабатывает кадры с известным положением, либо производя очистку карты, либо создавая новый ключевой кадр. Компонент оптимизации карты занимается поиском циклов в графе ключевых кад-

ров и устранением эффекта плавающего масштаба. LSD-SLAM хранит карту окружающего пространства в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины пространства [2].

Для стабильной и эффективной работы алгоритма необходимо следующее:

- максимально точная калибровка камеры и последующая ректификация изображения, широкий угол обзора камеры (не менее 80-90°);
- частота кадров в секунду не менее 30 (при угле обзора равном 90°);
- движения камеры не должны содержать повороты без переноса. Такое движение ломает алгоритм.

Под ректификацией изображения понимается определение ориентации и расположения камеры в пространстве по изображению, полученному с ее помощью.

В качестве симулятора используется пакет Gazebo 3D интегрированный в программную платформу ROS (Robot Operating System) [3].

Имитируемой технической базой является Parrot AR.Drone. AR.Drone снабжен следующими интересующими нас устройствами:

- фронтальная камера: максимальное разрешение видеосъемки 640x360 пикселей, частота кадров 30 кад/сек, диагональный угол обзора 92°
- нижняя камера: используется встроенным автopilотом для компенсации ветра и дрефта;
- ультразвуковой датчик высоты (работает в пределах 0.25 – 3 м);
- инерциальная навигационная система (акселерометр, гироскоп, магнетометр, барометр).

Все датчики интегрированы в единую систему [3].

В программной среде Gazebo выполнено построение модели окружающей среды для проведения экспериментов на примере модели улицы населенного пункта. Калибровка камеры выполнена встроенными средствами ROS.

Экспериментальное исследование

БПЛА перемещается вдоль зданий, изображение с камеры передается на вычислительное устройство для обработки и построения карты окружения в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины.

На рисунке 1 приведены изображения модели окружающей среды, получаемого изображения с БПЛА и результата работы LSD-SLAM метода. Для данного эксперимента скорость перемещения

БПЛА ограничена значением 2 м/с и количество кадров в секунду равно 30.

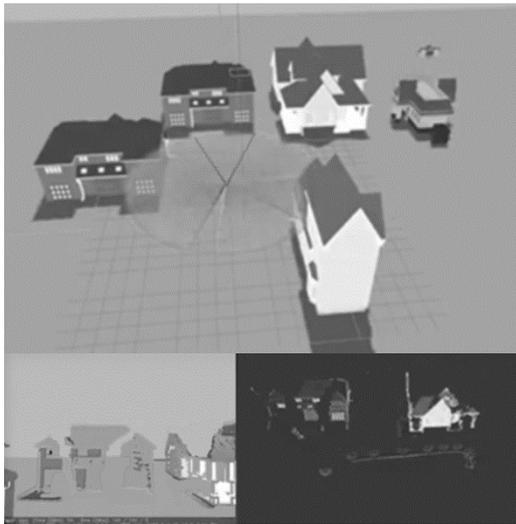


Рис. 1. Построение карты окружения

Выполненный эксперимент позволил оценить корректность построения плотной карты окружения. Анализ полученных результатов эксперимента показывает, что, с учетом выбранных исходных параметров, алгоритм LSD-SLAM метода работает не корректно. А именно, элементы карты окружения смещены по сравнению с их истинным положением, разрывы в стенах зданий, которые не соответствуют модели.

Связано это с неверным выделением характерных особенностей на изображении и формированием ключевых кадров. Решением является улучшение технических характеристик камеры, в первую очередь количества кадров в секунду и ее перекалибровка.

Существующая модель камеры на БПЛА заменена на модель с улучшенной характеристикой количества кадров в секунду равной 60, а также выполнена перекалибровка камеры для улучшения качества карты окружения. Скорость движения БПЛА ограничена значением 0,5 м/с. На рисунке 2 приведено изображения окружающей среды, получаемого изображения с БПЛА и результата работы LSD-SLAM алгоритма с учетом измененных параметров системы.

На основе анализа полученных результатов эксперимента был сделан вывод, что используемый тип камеры, а также ограниченная скорость движения БПЛА позволяет выполнять построение карты окружения в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины, что позволяет строить карту препятствий. Карта окружения не содержит несуществующие разрывы в зданиях и ее элементы имеют корректные позиции

относительно друг друга. Кроме того, выбранные технические характеристики камеры позволили увеличить плотность построенной карты окружения.

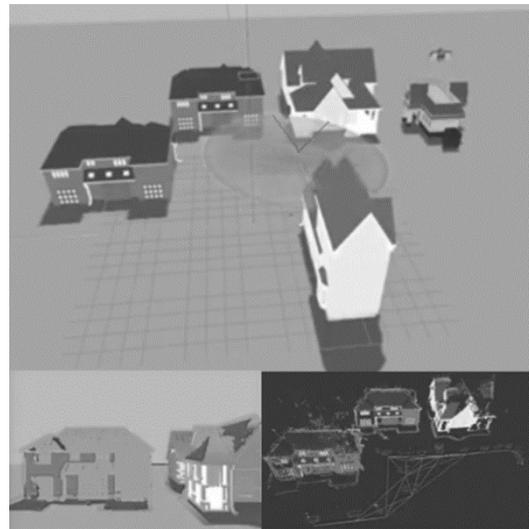


Рис. 2. Построение карты окружения с учетом улучшенных технических характеристик камеры

Заключение

На основе анализа полученных результатов эксперимента можно сделать вывод, что точность калибровки и ректификации, а также используемой модели искажений напрямую влияет на качество получаемых карт. Изменение технических характеристик камеры, а именно, увеличение количества кадров в секунду до 60 в совокупности с ограничением скорости движения объекта до 0,5 м/с позволило выполнить построение карты окружающего пространства без искажений и с достаточной плотностью.

Список использованных источников

1. Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.cs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte_Bailey_SLAM-tutorial-I.pdf (дата обращения: 07.08.2018)
2. Jakob Enge, Thomas Schops, Daniel Cremers LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM, Computer Vision – ECCV 2014, 834-849
3. Sokolov M. et al. 3D modelling and simulation of a crawler robot in ROS/Gazebo //Proceedings of the 4th International Conference on Control, Mechatronics and Automation. – ACM, 2016. – С. 61-67.