УЛУЧШЕНИЕ АЛГОРИТМА HECTOR-SLAM ДЛЯ ПОЛИЦЕЙСКИХ БПЛА

IMPROVEMENT OF THE HECTOR-SLAM ALGORITHM FOR POLICE UAVS



УДК 339.54.012+338.001.36

Сунь Тянько, магистрант,

Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана

Sun Tianko, tiankuosun@gmail.com

Аннотация

Для мобильных роботов очень важно использовать датчики, чтобы понимать свое местоположение и информацию об окружающей среде. Алгоритм SLAM может хорошо решить две вышеупомянутые проблемы. Алгоритм Hector-SLAM обычно используется для 2D-картирования.

Эта работа улучшает алгоритм на основе Hector-SLAM. Когда алгоритм Hector-SLAM сочетается с лидаром низкой точности, можно построить карту нормалей и избежать препятствий. Алгоритм Hector-SLAM требует высокоточного лидара [1]. Если при вращении лидара при построении карты используется лидар с низкой точностью воспроизведения, это приведет к невозможности построения карты. Улучшенный алгоритм можно использовать с лидаром низкой точности, что значительно снижает стоимость производства полицейских дронов.

Компания Google предложела оптимизировать алгоритм Hector-SLAM: заменить исходный алгоритм билинейной интерполяции алгоритмом бикубической интерполяции [2]. Однако из-за большого объема вычислений в

алгоритме бикубической интерполяции, эта работа не требует большого объема вычислений. Таким образом, эта работа будет улучшаться по оригинальному алгоритму Hector-SLAM.

Annotation

It is very important for mobile robots to use sensors to understand their location and information about the environment. The SLAM algorithm can solve the above two problems well. The Hector-SLAM algorithm is commonly used for 2D mapping.

This work optimizes the Hector-SLAM based algorithm. When the Hector-SLAM algorithm is combined with a low precision lidar, it is possible to build a normal map and avoid obstacles. The Hector-SLAM algorithm requires a high-precision lidar [1]. If a low fidelity lidar is used when rotating the lidar when building a map, it will lead to the impossibility of building a map. The improved algorithm can be used with low precision lidar, which significantly reduces the cost of producing police drones.

Google proposed to optimize the Hector-SLAM algorithm: replace the original bilinear interpolation algorithm with the bicubic interpolation algorithm [2]. However, due to the large amount of computation in the bicubic interpolation algorithm, this work does not require a large amount of computation. Thus, this work will be optimized according to the original Hector-SLAM algorithm.

Ключевые слова: БПЛА, SLAM, Создания карты, Оптимизация алгоритма, Лидар.

Keywords: UAV, SLAM, Map creation, Algorithm optimization, Lidar.

В этой работе будет использоваться вероятностное преобразование линии Хафа для преобразования данных лидара в линейные сегменты в пространстве Хафа. Затем используйте двумерный массив для записи сегментов линии в пространстве Хафа. Сравнивая разницу между двумерным массивом текущего кадра и предыдущего кадра, оценивается, вращается ли лидар. Если происходит вращение, эффект вращения устраняется в пространстве Хафа.

Определение вращения лидара

Из-за дискретного характера данных лидара их нельзя напрямую использовать для создания сетки карты и согласования сканирования, следовательно, непрерывная сетка вероятностей должна быть получена путем интерполяции.

После получения растровой карты необходимо отсканировать и сопоставить последующие поступающие данные радара. Сопоставление сканирования - это процесс согласования данных в реальном времени, сканированных лидаром, с существующей картой. На этом этапе исходная система обращается к метод выравнивания изображений для построения функции ошибок. Использовал метод Гаусса-Ньютона для получения наиболее подходящей карты [4]. Таким образом, после обновления данных радара оптимальное соответствие в текущий момент повторяется по состоянию в предыдущий момент, и вычисляется приращение позы. Уравнение Гаусса-Ньютона, установленное Гектором SLAM:

$$\Delta\xi = H^{-1}i = \sum_{i=1}^{n}(\nabla M(S_i(\xi))\frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi})^T * (1 - M(S_i(\xi))) \quad (1)$$

$$\xi = (p_x, p_y, \psi)^T \quad (2)$$

$$S_i(\xi) = \begin{pmatrix} \cos\psi, -\sin\psi \\ \sin\psi, \cos\psi \end{pmatrix}\begin{pmatrix} S_i, x \\ S_i, y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$H = (\nabla M(S_i(\xi))\frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi})^T(\nabla M(S_i(\xi))\frac{\partial S_i(\xi)}{\partial \xi}) \quad (4)$$

Где ξ - матрица вращения растровой карты, а три параметра - это смещение и угол поворота по осям X и Y. Si (ξ) представляет положение лидара в мировой системе координат, а функция M возвращает карту Значение вероятности препятствия в этой координатной точке. H - матрица Гессе. Градиент M (Si (ξ)) карты может быть аппроксимирован частной производной функции интерполяции.

Принимая во внимание приведенный выше анализ алгоритма, в этой работе будет использоваться вероятностное линейное преобразование Хафа для преобразования данных лидара в двумерный массив [5]. Оптимизировал данные в пространстве Хафа.

Когда лидар обнаруживает двумерную плоскость, возвращаемые данные представляют собой расстояние от центральной точки лидара до препятствия. Затем мы обрабатываем данные. Вероятностное преобразование линии Хафа используется для преобразования данных лидара в прямую линию:

$$y = kx + b \tag{5}$$

Где (b, k) представляет собой точку в пространстве параметров прямой линии, но из-за ситуации, когда k бесконечно, прямая линия обычно преобразуется в полярную систему координат.

$$\rho = x\cos\theta + y\sin\theta \tag{6}$$

В формуле полярный диаметр ρ и полярный угол θ являются пространствами параметров. Тогда каждой паре (ρ, θ) соответствует прямая, проходящая через (x, y), а пространство параметров ρ, θ - это пространство Хафа.

P, θ хранятся в виде двумерного массива. Область подходящего размера выбирается в качестве области оценки. Вычтим значение области оценки в момент времени t из значения в момент времени t-1. Судя по количеству нулей в новом двумерном массиве, оценивается, есть ли поворот.

Оптимизация алгоритма

При обнаружении вращения лидара оптимизируем алгоритм.

При вращении лидара угол препятствия относительно лидара изменяется. Если данные определенного 1 кадра лидара равны (ρ, θ), препятствие поворачивается на α ° относительно лидара. Тогда новые данные можно выразить как (ρ, θ-α).

Поскольку данные, полученные лидаром, представляют собой большое количество чисел с плавающей запятой, мы можем настроить точность чисел с

плавающей запятой. Сократим время вычислений и повысем надежность системы. Размер области оценки определяет объем вычислений и чувствительность оценки вращения. Размер области оценки может быть скорректирован позже. Нужно выбрать меньшую зону оценки в помещении, и большую зону оценки на улице.

Реализация алгоритма создания карты

Результаты экспериментов

Для метода оптимизации, предложенного в этой статье, он проверяется портативным лидаром с низкой производительностью.



Рис.1 Лабораторная среда

Во-первых, Lidar использует неоптимизированный алгоритм. Карта по-прежнему может быть создана при панорамировании, но проблема невозможности построения карты возникает после поворота. Затем используйте алгоритм оптимизации, предложенный в этой статье, чтобы значительно уменьшить проблемы, связанные с шумом карты и невозможностью построения карты.

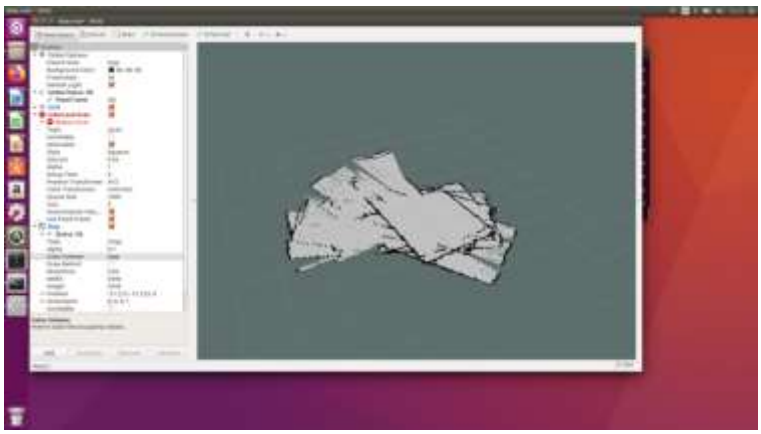


Рис.2 Построение карты (предыдущий алгоритм)

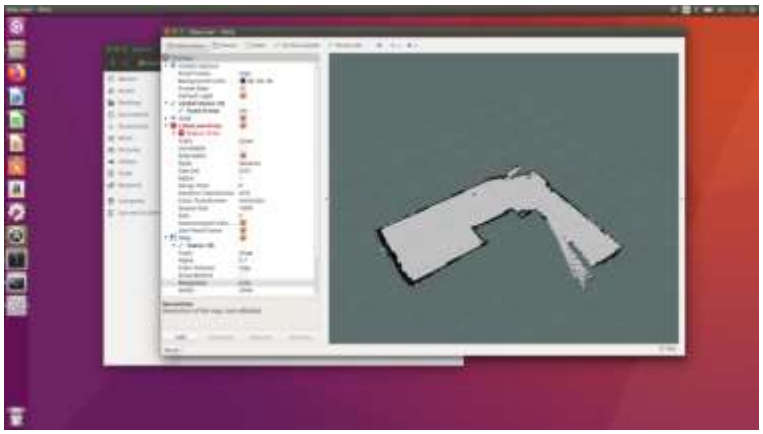


Рис.3 Построение карты (улучшенный алгоритм)

Вывод

В этой работе данные улучшается в пространстве Хафа с помощью вероятностного преобразования линии Хафа. По результатам значительно улучшено качество карты. Выдвинты идеи по дальнейшему совершенствованию алгоритма. Этот алгоритм может снизить затраты обьёма вычисления. Так что лидар низкой точности можно использовать для большего количества задач.

Литература

1. Ибрагимов Ильмир З., Илья Михайлович Афанасьев. «Сравнение методов визуального SLAM на основе ROS в однородном климате помещения». 2017 14-й семинар по позиционированию, навигации и связи (WPNC). IEEE, 2017.
2. Ягфаров, Рауф, Михаил Иванов и Илья Афанасьев. «Сравнение карт алгоритмов двумерного удара на основе лидаров с использованием точной

наземной истины». 2018 15-я Международная конференция по управлению, автоматизации, робототехнике и зрению (ICARCV). IEEE, 2018.

3. Поруба А. , Спрингер Дж. , Муллерова Л. и др. Температурная зависимость коэффициента оптического поглощения микрокристаллического кремния [J] Журнал некристаллических твердых тел 2004, 338-340: 222-227.
4. Лукас Б.Д., Канаде Т. Метод итеративной регистрации изображений с приложением к стереозрению [C] // Международная совместная конференция по искусственному интеллекту. [С. л.]: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1981: 674-679.
5. Дуда, Ричард О. и Питер Э. Харт. «Использование преобразования Хафа для обнаружения линий и кривых на изображениях». Сообщения ACM 15.1 (1972): 11-15.

Literature

1. Ibragimov, Ilmir Z., and Ilya M. Afanasyev. "Comparison of ROS-based visual SLAM methods in homogeneous indoor environment." 2017 14th Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC). IEEE, 2017.
2. Yagfarov, Rauf, Mikhail Ivanou, and Ilya Afanasyev. "Map comparison of lidar-based 2d slam algorithms using precise ground truth." 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). IEEE, 2018.
3. Poruba A, Springer J, Mullerova L, et al. Temperature dependence of the optical absorption coefficient of microcrystalline silicon [J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2004, 338-340: 222-227.
4. Lucas B D, Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision [C] / / International Joint Conference on Artificial Intelligence. [S. l.]: Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1981: 674-679.
5. Duda, Richard O., and Peter E. Hart. "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures." Communications of the ACM 15.1 (1972): 11-15.