

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РОБОТОТЕХНИКЕ НА ПРИМЕРЕ SLAM



А.Ю. Кульша

Студент кафедры информатики БГУИР



М.А. Климович

Студент кафедры информатики БГУИР



М.В. Стержанов

Доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры информатики БГУИР.



И.Ю. Изгачев

Студент кафедры информатики БГУИР

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: alexanderkulsha@gmail.com*

Аннотация. Концепция больших данных - или технологические методы сбора, анализа и распространения огромного количества необработанных данных - оказала глубокое влияние практически на все научные области. В сравнении с другими областями, робототехника выделяется тем фактом, что она позволяет воплощенному объекту (англ. embodied agent) взаимодействовать с миром физически. Технологии больших данных сталкиваются с новыми проблемами будучи применяемыми к задачам робототехники, которые в свою очередь характеризуются не только многомерным пространством входных данных, но и к тому же многомерным, непрерывно вычисляемым пространством выходных данных. Этот огромный цикл создания данных и обучения должен привести к значительному прогрессу в робототехнике и в то же время обогащению наук, смежных с Большими данными, развивая такие области как инкрементное и интерактивное обучение. Примером направления, тесно связанным с большими данными, является SLAM технология. В представленной работе заключены основные понятия о технологии, описан общий принцип работы алгоритма решения одной из типовых SLAM задач, дана оценка перспективе дальнейшей интеграции методов больших данных и робототехники.

Ключевые слова: SLAM, робототехника, фильтр Калмана, большие данные.

Введение. На сегодняшний день Большие данные - или технологические методы сбора, анализа и распространения огромного количества необработанных данных - играют важную роль во многих аспектах науки и техники. Они оказали глубокое влияние практически на все научные области, коммерцию и бизнес. Даже небольшие компании видят преимущества сбора и анализа огромного объема информации, поступающей из различных видов онлайн-источников.

Хотя термин «большие данные» является относительно новым, концепция уже давно стала частью мира робототехники. Согласно оперативному определению робототехники речь

идет о многократном выполнении следующей трехэтапной последовательности: сбор данных, планирование и выполнение.

Сбор данных необходим, чтобы воспринимать окружающую среду робота, чтобы он знал о том, что происходит вокруг него, но это также требует самосознания текущего положения робота в окружающей среде. Планирование выполняется с учетом желаемой цели и необходимой степени надежности в сложных условиях. Отслеживание и выполнение запланированных действий служит для непосредственного достижения запланированных задач.

Неудивительно, что все эти шаги предполагают очень интенсивное использование данных. Современные мехатронные устройства располагают широким спектром сенсорных приборов, таких как датчики измерения дальности, датчики положения, визуальные, тактильные датчики и другие механизмы, некоторые из которых вырабатывают большие объемы данных. Таким образом, робототехники имеют значительную историю работы с большими данными без явного упоминания этой концепции как таковой.

Материалы и методы. Специалисты в области робототехники также всегда занимались аналитикой. Обработка данных сенсоров и связывание этой информации с выполнением тех или иных действий посредством планирования включает в себя обработку и анализ данных на всех этапах вышеупомянутого цикла «сбор данных-планирование-выполнение». Инженеры в значительной степени полагаются на известные аналитические методы, основанные на машинном обучении, статистике, оптимизации и компьютерном зрении, и заимствуют их.

Но иногда робототехники придумывают оригинальные методы, которые изначально были разработаны для решения конкретных задач робототехники, такие как SLAM (англ. simultaneous localization and mapping — одновременная локализация и построение карты), которые позже используются в других целях. Задача SLAM связана с построением карты неизвестного пространства мобильным роботом во время навигации по строящейся карте. Задача SLAM состоит из множества частей [1]: нахождение ориентиров в пространстве, поиск их соответствий, вычисление местоположения, уточнение местоположения и положений ориентиров. Существуют различные способы реализации разных подзадач.

Метод SLAM сочетает в себе изначально отдельные процессы наблюдения и моделирования окружающей среды робота с оценкой собственной позиции робота в модели его среды. Данная концепция применяется для решения проблем, связанных, например, с поддержанием ситуационной осведомленности людей или групп, работающих в неопределенных и меняющихся условиях.

Задача SLAM, как правило, разбивается на следующие подзадачи:

1. Рекурсивный фильтр [2].
2. Нахождение ориентиров в пространстве.
3. Поиск соответствий между ориентирами.
4. Пересчет положения робота.
5. Уточнение положения ориентиров на карте.

На протяжении выполнения всего алгоритма, схематично проиллюстрированного выше, данные, получаемые датчиками, обрабатываются. На основании этих данных происходит поиск ориентиров и составляется их описание, которое далее используется для поиска соответствий. Ориентиры и описания хранятся в специальных структурах, динамически создаваемых во время выполнения алгоритма. При обнаружении ориентира происходит поиск соответствия в структуре, и, если данного ориентира в ней не существует, то он добавляется туда вместе со своим описанием. Ориентиры в структуре используются для вычисления и корректировки положения. Для того, чтобы уточнить положение объекта, применяется рекурсивный фильтр. Он также используется для оценки положения и скорости устройства основываясь на множестве полученных неточных данных о локации. Затем, на

основании результатов работы фильтра происходит корректировка положений всех найденных ориентиров, описание которых содержится в вышеупомянутой структуре.



Рисунок 1. – Работа приложения, использующего библиотеку ORB-SLAM2

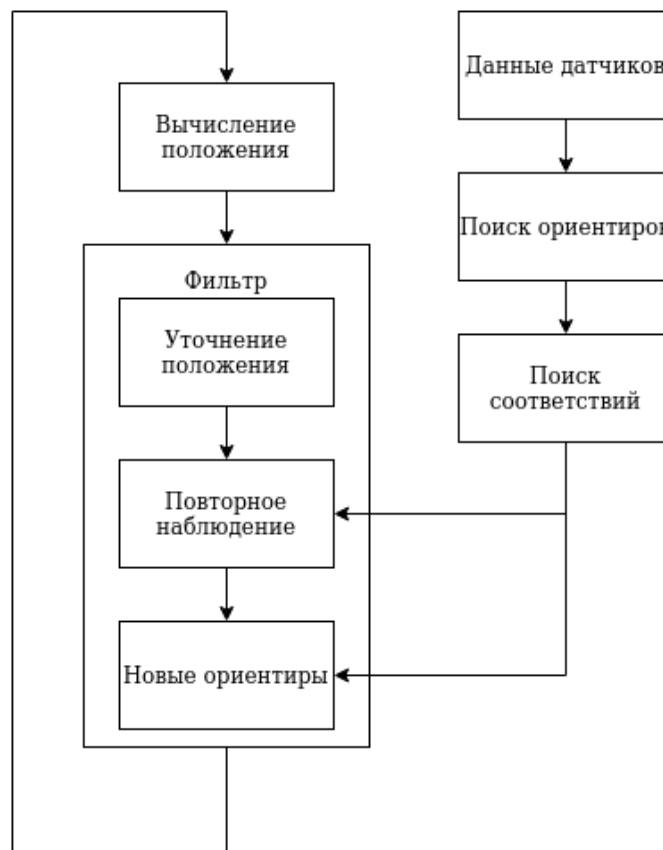


Рисунок 2. – Схема алгоритма SLAM

Фильтр Калмана[3, 4] применяется для вычисления положения неподвижных пространственных ориентиров, так как они удовлетворяют свойству линейности, однако не получил широкого распространения в решениях SLAM задач. Работа фильтра разделяется на несколько этапов.

На этапе экстраполяции происходит предсказание вектора состояния системы исходя из оценки вектора состояния и учета вектора управления для перехода с шага (k-1) на шаг k:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} = \mathbf{F}_k \hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_{k-1}, \text{ где}$$

$\hat{\mathbf{x}}_{n|m}$ - оценка истинного вектора в момент n с учетом измерений с момента начала работы и по момент m включительно,

\mathbf{F}_k - матрица эволюции процесса/системы, которая воздействует на вектор состояния в момент $(k-1)$ \mathbf{x}_{k-1} ,

\mathbf{B}_k - матрица управления, которая прикладывается к вектору управляющих

\mathbf{u}_{k-1} воздействий ,
 \mathbf{u}_{k-1} - вектор управляющих воздействий.

Этап коррекции служит для уточнения полученной экстраполяции вектора состояния. Отклонение полученного на шаге k наблюдения от наблюдения, ожидаемого при произведенной экстраполяции рассчитывается по формуле:

$$\tilde{\mathbf{y}}_k = \mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}, \text{ где}$$

\mathbf{z}_k - измерение истинного вектора состояния в момент k ,

$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}$ - предварительная оценка состояния системы на текущий шаг по итоговой оценке состояния с предыдущего шага.

Далее, с учетом рассчитанного отклонения происходит коррекция вектора состояния.

Описанный выше фильтр крайне эффективен для определения положения неподвижных объектов в пространстве, однако не применим для автономного устройства. Для достижения этих целей используется ансцентный фильтр Калмана[5, 6, 7].

Что касается будущих применений больших данных в робототехнике, эти две сферы будут продолжать сосуществовать и взаимно обогащать друг друга.

Рассмотрим в качестве примера методологии глубокого обучения: их появление и развитие в последние несколько лет является побочным эффектом увеличения темпов распространения больших данных и возрастающего успеха их применения в различных сферах, включая разработку визуальных датчиков в робототехнике. Было найдено множество способов применения парадигмы нейронной сети при анализе больших и сложных потоков данных для более эффективного решения задач робототехники, причем в нескольких случаях сообщество робототехников внесло свой вклад в развитие концепции глубокого обучения.

Заключение. Популярность SLAM в первую очередь связана именно с появлением мобильной робототехники в помещениях. Как показала практика, использование GPS не может обеспечить приемлемое качество навигации для использования внутри помещений. Кроме того, SLAM предлагает отличную альтернативу встроенным картам, показывая, что работа робота возможна даже в отсутствие заранее построенной схемы локации.

Список литературы

- [1.] Riisgaard S., Blas M. R. SLAM for Dummies. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/36832/16-412JSpring2004/NR/rdonlyres/Aeronautics-and-Astronautics/16-412JSpring2004/A3C5517F-C092-4554-AA43-232DC74609B3/0/1Aslam_blas_report.pdf
- [2.] Infinite impulse response. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: www.bores.com/courses/intro/iir/index.htm
- [3.] Welch G., Bishop G. An Introduction to the Kalman Filter. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/kalman_intro.pdf7
- [4.] Riberio M. I. Kalman and Extended Kalman Filters: Concept, Derivation and Properties. 2004. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://users.isr.ist.utl.pt/~mir/pub/kalman.pdf>
- [5.] Van der Merve R., Wan E. A. The square-root unscented Kalman filter for state and parameter-estimation. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://speech.bme.ogi.edu/publications/ps/merwe01a.pdf>
- [6.] Bries M., Maskell S. R., Wright R. A Rao-Blackwellised unscented Kalman filter. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sigproc.eng.cam.ac.uk/~mb511/papers/rbukf.pdf>
- [7.] Naerum E., King H. H., Hannaford B. Robusness of unscented Kalman filter for state and parameter estimation in an elastic transmission. [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.roboticsproceedings.org/rss05/p25.pdf>

BIG DATA APPLICATION TO THE ROBOTICS ON THE EXAMPLE OF SLAM

A.Y. Kulsha
BSUIR student

M.A. Klimovich
BSUIR student

M.V. Sterjanov
Ph.D., Associate Professor, Department
of Computer Science, BSUIR

I.Y. Izgachev
BSUIR student

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: alexanderkulsha@gmail.com

Abstract. The concept of big data - or technological methods for collecting, analyzing and disseminating a huge amount of raw data - has had a profound impact on almost all scientific fields. In comparison with other areas, robotics is distinguished by the fact that it allows an embodied object (English accomplished agent) to interact physically with the world. Big data technologies face new challenges when applied to robotics problems, which in turn are characterized not only by a multidimensional input data space, but also by a multidimensional, continuously calculated output data space. This huge cycle of data creation and training should lead to significant progress in robotics and at the same time enrichment of the sciences adjacent to Big Data, developing areas such as incremental and interactive learning. An example of a direction closely related to big data is SLAM technology. The presented work contains the basic concepts of technology, describes the general principle of the algorithm for solving one of the typical SLAM problems, estimates the prospect of further integration of big data and robotics methods.

Keywords: SLAM, robotics, Kalman filter, big data.