**Исследование метода высокоточного позиционирования автономных транспортных средств на основе лидара**

***Хэн Юнсян***

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова*

*Институт русского языка и культуры, Москва, Россия*

*E-mail: hengyx@mail.ru*

Метод высокоточного позиционирования беспилотных транспортных средств на основе лидара, представленный в этой статье, основан на построенной высокоточной карте и лидарном слиянии позиционирования IMU (Inertial Measurement Unit), который может обеспечить высокоточное позиционирование беспилотных транспортных средств.

Принцип интегрированной навигации, используемый в процессе построения высокоточных карт — GNSS（Global Navigation Satellite System）+ IMU (Inertial Measurement Unit), то есть глобальная спутниковая навигационная система и блок инерциальных измерений. Поскольку точность позиционирования беспилотных транспортных средств должна быть в пределах 30 сантиметров, а точность карт высокой точности — 10 сантиметров, для этого требуется, чтобы точность позиционирования беспилотных автомобилей соответствовала точности карты. Поэтому решение высокоточного позиционирования для автономных транспортных средств должно быть основано на технологии тесной связи GNSS + IMU.

В этой статье будет использоваться FAST\_LIO2 [1] (Fast Direct LiDAR-inertial Odometry), быстрая, стабильная и универсальная лидарная инерциальная одометрическая система для создания высокоточных карт. Алгоритм FAST-LIO2 — это алгоритм, основанный на высокоэффективном тесно связанном итерационном фильтре Калмана [4] . Прежде всего, FAST-LIO2 использует метод непосредственной регистрации исходного облака точек на карте без необходимости извлечения признаков. Таким образом, система может в полной мере использовать особенности окружающей среды и повысить точность навигации. Во-вторых, в FAST-LIO2 инкрементное KD tree (ikd-tree) представлено для управления и обслуживания карты для поддержки инкрементных обновлений точек и динамической корректировки облаков точек (включая вставку и удаление точек). Новая структура данных повышает эффективность и гибкость обновлений карт. По сравнению с Octobertree и KD Tree, ikd-Tree имеет более высокую производительность.

По сравнению с самой совершенной в мире лидарно-инерциальной навигационной системой FAST-LIO2 имеет более высокую точность позиционирования и меньшую вычислительную нагрузку. В целом FAST-LIO2 обладает высокой вычислительной эффективностью, высокой стабильностью и универсальностью. В то же время он может соответствовать высоким требованиям точности.

После построения высокоточной карты в данном исследовании была принята радиолокационная система инерциального позиционирования [4] на основе трехмерной высокоточной карты. Эта система представляет собой мультисенсорную объединенную систему позиционирования, состоящую из лидарного датчика и инерциальной навигационной системы. Тесно связанный алгоритм итерационного фильтра Калмана используется для точного согласования лазерного радара с созданной высокоточной картой для непрерывной коррекции дрейфа инерциальной навигационной системы. В то же время, посредством исправленного трехмерного положения инерциальной навигационной системы, можно получить начальное значение преобразования твердого тела следующего кадра лидара на основе сопоставления карт. Этот проект сначала использует данные IMU [2] для оценки состояния транспортного средства и использует их в качестве начального значения для сопоставления сканирования. Наконец, данные облака точек используются для регистрации карты для достижения точного определения известного положения транспортного средства. Затем наблюдаемое положение транспортного средства используется для обновления его статуса и получения окончательного положения вождения транспортного средства. Суть этой системы позиционирования заключается в тесной связи лидара и IMU, и ее эффект лучше, чем чистая лидарная фильтрация.

В этой статье предполагается использовать метод фильтрации Калмана без запаха для тесной связи облака лазерных точек и данных IMU. Во-первых, на основе информации о местоположении IMU [2] прогнозируется поза в следующий момент и используется в качестве начального значения для согласования сканирования лидара. На этой основе положение транспортного средства в следующий момент получается путем сопоставления текущих данных облака точек с глобальной картой. Наконец, положение транспортного средства корректируется на основе прогнозируемого положения кузова транспортного средства, чтобы получить окончательное положение транспортного средства.

В целом, высокоточная карта, построенная с помощью алгоритма регистрации облака точек FAST\_LIO2, имеет высокую точность карты, может хорошо представлять информацию об окружающей среде вокруг транспортного средства и создает ключевую основу для позиционирования транспортного средства; для метода позиционирования транспортного средства, основанного на IMU.

Метод мультисенсорного позиционирования с использованием мультисенсорной информации получает наблюдаемое положение измеренного транспортного средства путем сопоставления информации об облаке точек с глобальной картой [3] , а затем получает окончательное положение транспортного средства путем обновления статуса. Сопоставляя построенную карту с позиционированием в реальном времени, принципиально можно добиться высокоточного позиционирования автономных транспортных средств.

**Литература**

1. Лу Цюнцюн, Технология трехмерного моделирования данных облака точек лидара [D], Пекинский университет Цзяотун, 2009.
2. Цуй Хайлу, Исследование интегрированных технологий позиционирования и навигации для интеллектуальных транспортных средств на основе интеграции LiDAR и IMU [D], Технологический университет Цилу, 2021.
3. Ю Жуй, Трехмерное высокоточное построение карт и позиционирование на основе лидара [Д], Национальный университет оборонных технологий, 2017.
4. Toshiki Sasaoka, Isao Kimoto, Yosuke Kishimoto, Kiyotsugu Takaba, Haya Nakashima,Multi-robot SLAM via Information Fusion Extended Kalman Filters, IFAC-PapersOnLine,Volume 49, Issue 22, 2016.