

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Шамрай П.Ю. (ИТМО), Максимов К.А. (ИТМО), Мельников Т.Ю. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Бойко А.М.
(ИТМО)

Введение. В настоящее время активно развивается отрасль беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Развитие направлений, раскрывающих весь потенциал аэродинамических свойств и бортовых датчиков, требует высокопроизводительной и точной системы локального позиционирования как средства объективного контроля. Существует несколько технологий и соответствующих продуктов на рынке, позволяющих производить локальное позиционирование объектов: на основе ультразвука, сверхширокополосной связи, ИК-датчиков, ArUco-кодов. Но наиболее производительные и точные измерения обеспечивают системы захвата движения, такие как Vicon и Optitrack. Именно такие системы используются в некоторых крупных зарубежных лабораториях, занимающихся перспективными разработками в области БЛА [1]. Однако, высокая стоимость, ограниченное количество кадров в секунду и высокие требования к вычислительным ресурсам могут являться ограничивающим фактором при выборе такой системы.

В рамках практико-ориентированного НИОКР разрабатывается высокопроизводительная оптоэлектронная система точного определения координат (ВОСТОК), которая лишена вышеперечисленных недостатков. В основе технологии [2] лежит принцип моноимпульсной радиолокации с суммарно-разностным дискриминатором. Вместо радиодиапазона используется оптический.

ВОСТОК состоит из стационарных модулей (с одним или двумя парами излучателей), устанавливаемых по краям рабочей зоны и мобильного модуля с тремя приемниками, устанавливаемого на БЛА. По заявленным характеристикам ВОСТОК может обеспечить точность определения координат до 5 мм с частотой выдачи до 2400 Гц. Более того, высокая производительность позволяет определять скорость движения с сопоставимой с ГНСС точностью (до 2 см/с). Это крайне важная информация для автопилота помимо координаты, ускорений и угловых скоростей.

Суммарно-разностный сигнал линейен на небольшом участке диаграммы направленности. В то же время важно обеспечить как можно большую рабочую зону. Существует два аспекта, влияющих на точность определения координат: правильно проведенная процедура калибровки и правильно подобранная функция обратного преобразования сигналов на мобильном модуле в трехмерные координаты.

Основная часть. Калибровка подразумевает сбор необходимых данных и оптимизация параметров функции преобразования. Набор данных – это координаты и амплитуды принимаемого на мобильном модуле сигнала. Прямой способ калибровки – это использование трехкоординатного измерительного стенда. Другой, более простой в использовании метод, заключается в накоплении данных от двух приемников, закрепленных на концах стержня известной длины.

Функция преобразования в изначальной форме представляет собой полином n -ой степени, аргументами которой являются суммарно-разностные сигналы от пар излучателей стационарных модулей. Однако моделирование показывает, что этого недостаточно из-за сильной нелинейности, возникающую, в том числе, из-за неидеальности диаграммы направленности приемников и излучателей.

Для учета этой нелинейности предлагается добавить в функцию преобразования поправку в виде нейронной сети, которая на вход так же принимает вектор суммарно-разностных сигналов, а на выходе дает малую поправку к координате, вычисленной с помощью полинома.

Обучение такой нейронной сети происходит по тем самым данным накопленным в ходе калибровки. Для прямого метода калибровки с помощью измерительного стенда функция потерь вычисляется как разница истинной координаты и вычисленной. Однако, для случая калибровки с помощью стержня функция потерь уже не будет такой тривиальной.

Было проведено моделирование системы ВОСТОК, в частности процесса калибровки и измерений. Были подобраны параметры полинома, а также функция потерь и архитектура нейронной сети, которые повысили точность определения координат. Так как в проекте разрабатывается базовый комплект модулей, то моделирование проводилось для двух стационарных модулей с суммарно тремя парами излучателей.

Выводы. В данной работе рассмотрены методы повышения точности оптоэлектронной системы локального позиционирования. Эти методы протестированы на модели и получены положительные результаты их работы. Планируется провести эксперименты на реальном измерительном стенде и сравнить результаты с модельными. Также, в качестве задела на будущее для большой рабочей области, планируется провести моделирование с использованием более чем 2х стационарных модулей.

Список использованных источников:

1. Philipp Foehn et al., Time-optimal planning for quadrotor waypoint flight. Science Robotics, Vol 6, Issue 56 (2021).
2. Бойко А.М., Будза А.А., Кваско А.Г., Костырин П.В., Максимов К.А., Ткаченко Д.В., Шамрай П.Ю. Высокопроизводительная оптоэлектронная система отслеживания положения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) // Труды 33-й Международной научнотехнической конференции «ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА», 29-30 сентября 2022 г. – Санкт-Петербург: Изд-во: ЦНИИ РТК, 2022. – с. 18-24.