

Создание комплекса автономного БПЛА на основе многороторной системы для доставки грузов

Пименова Диана
МАОУ лицей №4 (ТМОЛ)
11 класс

Научный руководитель: Якунина Ольга Борисовна, учитель физики лицея №4(ТМОЛ)

Цель работы: Создание системы определения и наведения на посадочную площадку и интегрирование её в систему управления коптера.

Введение

На данный момент одним из перспективных направлений кибернетики является построение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для перевозки малых грузов (до 2 кг) на расстояния до 20 км в автономном режиме. Исследования в данном направлении уже проводят такие фирмы как Deutsche Post DHL и Amazon (PrimeAir). По предварительным оценкам процент доставки таких грузов может достигать до 90% от объема всех доставляемых грузов. Применение в качестве БПЛА многороторных систем (далее коптер) в условиях мегаполисов и пригородов позволит доставлять товары быстро (в среднем в течение 30 минут) и на неподготовленные площадки.

Комплекс автономного БПЛА на основе многороторной системы состоит из следующих систем:

- коптер со своим полетным контроллером;
- система крепления груза;
- система определения своего положения в пространстве;
- система идентификации получателя и принятия решения о посадке;
- система определения и наведения на посадочную площадку.

Коптер со своим полетным контроллером.

Для данных целей наиболее подходящими являются системы на основе 6-ти моторной схемы(гексакоптер) либо 8-ми моторной системы(октокоптер) общей массой примерно 4-6 кг с полетным контроллером DJI NAZA, MicroKopter либо OpenSource проект MultiWii. Подобные системы очень надежны и уже сейчас позволяют перемещать грузы до 2 кг на высотах до 200 метров на расстояния до 50 км.

Система определения своего положения в пространстве.

Для определения своего положения в пространстве используют приемники спутниковых сигналов типа GPS или ГЛОНАСС. Используя современные комбинированные приемники GPS/ГЛОНАСС можно повысить точность позиционирования (особенно это актуально в городской застройке).

Система идентификации получателя и принятия решения о посадке.

При прибытии в точку доставки коптер зависает на высоте 20метров и определяет нахождение получателя товара в ближнем радиусе(~ 50 метров) связавшись с его смартфоном по WiFi каналу. Получив подтверждение от системы идентификации получателя и системы определения посадочной площадки принимается решение о совершении посадки. В случае не подтверждения коптер не производит посадку и возвращается на базу.

Система определения и наведения на посадочную площадку.

Производит поиск подходящей посадочной площадки, выдает разрешение на посадку и наводит коптер на посадочный маркер.

Описание и метод решения задачи:

В данной работе мы создаем систему определения и наведения на посадочную площадку и интегрирования её с системой управления коптера.

Для успешного совершения посадки коптеру достаточно площадки размером 2x2 метра. На сегодня даже используя современные комбинированные приемники GPS/ГЛОНАСС точность позиционирования в различных условиях может достигать отклонения до 10 метров, что в условиях городской застройки не приемлемо. Для более точного наведения коптера на посадочную площадку желательно использовать какой-нибудь посадочный маркер (например: проблесковый маяк либо лист бумаги с распечатанным посадочным знаком). В данной работе за посадочный маркер выбран лист формата А4 с распечатанным либо нарисованным от руки посадочным знаком. Данный маркер был выбран потому, что его легко воспроизвести.

Так как коптер не имеет рулевых поверхностей управление движением осуществляется наклоном платформы коптера по 2-м осям (крен и тангаж), соответственно при использовании жестко закрепленной на платформе камере невозможно удерживать посадочный маркер в объективе камеры. Для устранения этого недостатка мы создали автономную гиросtabilизированную 2-х осевую платформу на которой разместили камеру системы определения и наведения на посадочную площадку.

Данная система состоит из следующих подсистем:

- 2-х осевая гиросtabilизированная платформа:
 - модуль определения и расчета углов корректировки платформы (сенсор GY-86 с MEMS-датчиком MPU-6050, процессорный модуль ARDUINO NANO содержащий микроконтроллер AVR ATmega328);
 - исполнительная отклоняющая система (2 сервопривода Hextronik D-MG16).
- оптическая система - камера наведения (Web-камера).
- модуль нахождения и расчета угловых отклонений и дальности до посадочного маркера:
 - управляющий вычислительный модуль (отладочный модуль Odroid U2 под управлением ОС Андроид).

2-х осевая гиросtabilизированная платформа

Время нахождения в воздухе - один из главных параметров данных летательных аппаратов, в связи с этим на смену механическим гироскопам пришли MEMS-датчики (гироскоп и акселерометр).

В данной работе мы используем MEMS-датчик MPU-6050(3-х осевой акселерометр, 3-х осевой гироскоп). На основании данных, получаемых от MEMS-датчика, рассчитываем углы поворота платформы и управляем исполнительной отклоняющей системой для поддержания платформы в заданном положении.

Для расчета углов поворота объединим показания акселерометра и гироскопа для устранения их недостатков. Применим **комплементарный фильтр** к данным, получаемым с акселерометра и гироскопа:

$$a = (1-K)*gyr + K*acc$$

Здесь a — отфильтрованный, результирующий угол наклона;

gyr и acc — значения угла наклона, полученные при помощи гироскопа и акселерометра;

K — коэффициент комплементарного фильтра.

Итоговая величина угла наклона представляет собой сумму интегрированного значения гироскопа и мгновенного значения акселерометра. По сути, главная задача комплементарного фильтра в том, чтобы нивелировать дрейф нуля гироскопа и ошибки дискретного интегрирования. На каждом шаге интегрирования (по сути шаге цикла управления платформой) мы корректируем интеграл угла наклона с помощью показаний акселерометра. Сила же этой коррекции определяется коэффициентом фильтра K .

Модуль нахождения и расчета угловых отклонений и дальности до посадочного маркера

Одной из важнейших подсистем является управляющий вычислительный модуль (отладочный модуль Odroid U2 под управлением ОС Андроид). Перед данным модулем стоит широкий спектр решаемых задач:

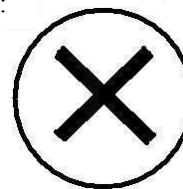
- получение полетного задания;
- сбор данных от полетного контроллера;
- сбор данных от системы определения своего положения в пространстве;
- выработка управляющих команд для полетного контроллера;
- сбор данных от системы идентификации получателя;
- сбор данных от оптической системы;
- выработка управляющих команд на исполнительную отклоняющую систему;
- принятие решения о возможности посадки.

Для решения поставленных задач необходима высокая вычислительная мощность. Для этих целей был выбран отладочный модуль Odroid U2 под управлением ОС Андроид. Данный модуль построен на базе 1.7GHz [Exynos4412 Prime Quad-Core CPU](#) с 2-мя ГБайт оперативной памяти.

Для оптического обнаружения посадочного маркера разработана программная задача с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Для удобства распознавания взят высококонтрастный знак.

Программа обнаружения посадочного маркера работает по следующему принципу:

- 1) Убраем шум и лишние детали из изображения
- 2) Выделяем контуры объектов используя детектор границ Кенни.
- 3) Находим контуры объектов и рассчитываем их размеры и положение на кадре.
- 4) Отсекаем неподходящие контуры.
- 5) Для оставшихся контуров строим гистограммы с сравниваем их с эталоном.
- 6) В подходящих контурах произведем преобразование Хафа для поиска линий, отсечем лишние и проверим их пересечение.
- 7) Чтобы улучшить качество распознавания накапливаем результаты распознавания с нескольких кадров.
- 8) Зная угол наклона отклоняющей системы и угловые размеры посадочного знака рассчитываем управляющие сигналы для коптера.



Поса-
мар-

Анализ полученных результатов

В ходе данной работы был проведен ряд испытаний, подтверждающих работоспособность ряда подсистем комплекса:

- Стационарные и полетные испытания гиросtabilизационной системы;
- Наземные испытания подсистемы нахождения и расчета угловых отклонений и дальности до посадочного маркера

Проанализировав данные испытаний, мы убедились в конкурентоспособности и доступности построения подобных систем в мелком и крупном масштабе.

Литература:

1. Савельев И. В. Курс общей физики: Механика. — М.: Астрель, 2004
2. Пельпор Д.С. Гироскопические системы: Гироскопические приборы и системы. — 2-е изд. — М.: Высшая школа, 1988
3. Бороздин В. Н. Гироскопические приборы и устройства систем управления: Учеб. пособие для ВТУЗов., М., Машиностроение, 1990.
4. http://www.poprobot.ru/theory/complementary_filter
5. <http://robocraft.ru/page/opencv/>
6. Gary Bradski, Adrian Kaehler, Learning OpenCV Computer Vision with the OpenCV Library.