

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Цайтлер А. С.
Е. М. Яковлева

Томский политехнический университет
asc12@tpu.ru

Введение

В современном мире в условиях производства все чаще на помощь человеку приходят роботы. Например, использование роботов-дронов для мониторинга определенной местности, роботов-манипуляторов для перемещений в пространстве каких-либо грузов, и еще множество других возможных вариаций. Разработка новых алгоритмов и принятие альтернативных решений проблем роботостроения позволяют удешевлять и совершенствовать производство роботов, наделяя их все более новыми и разнообразными возможностями. Необходимым условием для функционирования некоторых из них является автономность их перемещений. Для этого исполнительному механизму необходимо «понимать» собственное положение в окружающем пространстве. Для решения данной проблемы применяется одометрия – использование данных о движении приводов роботов для оценки их перемещения в пространстве.

Наиболее распространены следующие четыре метода одометрии [1]:

- Применение энкодеров;
- Применение инерциальных измерительных устройств (ИИУ);
- Визуальная одометрия;
- Применение GPS или ГЛОНАСС.

Визуальная одометрия использует последовательность изображений, полученных с робота; применение последнего метода подразумевает связь со спутниками. Первые два метода используют датчики, получающие сведения о работе непосредственно исполнительных механизмов робота, то есть это – навигация «вслепую». Поэтому выделим их в отдельную группу и изучим недостатки и преимущества каждого из них и приведем вариант реализации для схем с инерциальными измерительными приборами.

Применение энкодеров

Это одна из самых простых и доступных схем реализации одометрии. Энкодер – это прибор, преобразующий угол поворота вращающегося объекта в электрический сигнал, с помощью которого можно определить этот угол (см. рис. 1).

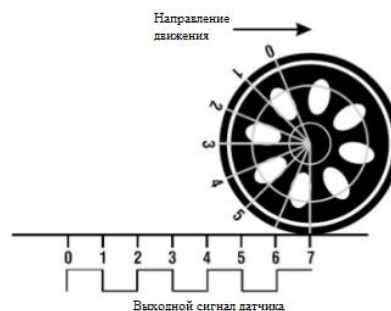


Рис. 1. Схема работы энкодера.

Зная диаметр колеса и количество отсчетов энкодера за один оборот можно вычислить расстояние, пройденное объектом:

$$L = \pi \cdot D \cdot \frac{N}{n}$$

где L – пройденное расстояние, D – диаметр колеса, N – число отсчетов энкодера за промежуток времени и n – число отсчетов за один оборот [2].

Этот метод хорош простотой и дешевизной, но имеет ряд существенных недостатков. Среди них невозможность учета проскальзывания колес, низкая точность, связанная с низкой частотой обработки сигнала, что ведет к невозможности отслеживать даже минимальные различия в «пробеге» колес, и невозможность реализации на летательных и плавающих аппаратах.

Применение инерциальных измерительных приборов

В данном методе оценка движения объекта в пространстве основывается на показаниях закрепленного на объекте инерциальных чувствительных элементов – гироскопа и акселерометра. Эти датчики произведены по МЭМС-технологии, что расшифровывается как микроэлектромеханические системы, что означает, что устройства объединяют в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты [3].

Реализация такого устройства подразумевает наличие электронного вычислительного устройства в составе схемы. В данном случае таким устройством является микроконтроллер, получивший в последнее время широкое распространение в области проектирования систем автоматического управления.

В качестве микроконтроллера был предложен Arduino в силу его дружелюбности по отношению к новичкам, многофункциональности и относительной дешевизны. Кроме того, Arduino

предлагает множество библиотек. Таким образом, может быть выбран любой гироскоп, использующий в качестве выходного интерфейса SPI/I2C.

Для реализации данного метода предполагается использование микросхемы MPU-6050. Эта схема снабжена акселерометром, гироскопом и термометром.

Акселерометр определяет величину линейных ускорений, которые испытывает система. Путем интегрирования этой величины можно перейти к скорости движения, повторное интегрирование покажет перемещение. Однако, интегрирование приводит к накоплению ошибки, а сам акселерометр подвержен помехам. Для устранения этой проблемы используются различные фильтры: Калмана, «альфа-бета» и др. Эти фильтры математически сложны, однако здесь на помощь приходит Arduino. Выбранный микроконтроллер имеет библиотеку “Kalman.h”, которая поможет применить фильтр Калмана к расчетам.

Гироскоп вычисляет угловую скорость объекта по трем осям (см. рис. 2). Из этой величины путем интегрирования можно получить угол поворота объекта по той или иной оси. Угол вращения объекта относительно продольной оси X называется *углом крена*; угол вращения объекта относительно поперечной оси Y – *углом тангажа*; вращение вокруг вертикальной оси Z называется *углом курса* (или рыскания). Первые два отвечают за положение объекта в пространстве относительно плоскости земли. Угол рыскания определяет направление движения. Например, для подсчета пройденного пути нам понадобятся все три величины. Измерение первых двух углов поможет учесть неровность поверхности передвижения объекта, а последний – учесть поворот объекта. Для определения положения в пространстве составных частей робота-манипулятора также необходимы значения всех трех углов.

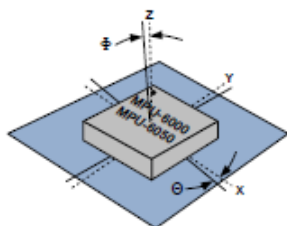


Рис. 2. Положение осей относительно печатной платы.

Принцип работы гироскопа заключается в том, что, когда он вращается относительно любой из осей, возникающий эффект Кориолиса является причиной вибраций, которые воспринимаются конденсатором. Полученный сигнал усиливается, демодулируется и фильтруется с целью получения напряжения, значение которого пропорционально угловой скорости объекта. Это напряжение оцифровывается с помощью включенного в схему 16-разрядного аналого-цифрового преобразователя [4]. Этот сигнал подается на микроконтроллер.

Закрепив микросхему MPU-6050 на объекте, положение которого необходимо отслеживать, добившись сопряжения с микроконтроллером Arduino (интерфейс подключения – I2C, библиотека ‘MPU6050.h’) можно отслеживать отклонения объекта от первоначального положения в каждый момент времени. Необходимо учитывать, что Arduino работает с логикой напряжения 5В, а датчик рассчитан на 3.3В, т.е. для схемы необходим двусторонний конвертер логических уровней.

Таким образом, делаем вывод о том, что использование инерциальных измерительных приборов для оценки перемещения объекта в пространстве возможно, но при этом имеет ряд сложностей, связанных с математическим вычислением пройденного пути, и с устранением ошибок интегрирования, а также помех, которым подвержены датчики. Однако, этот метод дает высокую точность и надежность.

Заключение

В силу ограничений на применение энкодеров, лучшим решением будет использование систем, включающих инерциальные измерительные приборы. Однако, модернизация такой системы путем объединения некоторых методов будет вполне целесообразна. Например, объединение инерциальных систем со спутниковой системой навигации.

Список использованных источников

1. Методы оценки положения объекта в пространстве / Жуков Р.В. // Молодежный научно-технический вестник №10 – М.: Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э.Баумана», 2013.
2. Description of Used Sensors and Physical Principles [электронный ресурс] // журнал SciEP. URL: <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/45/index.html> (дата обращения: 19.10.2016).
3. Микроэлектромеханические схемы // Википедия: [Сайт]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроэлектромеханические_системы.
4. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification. Revision 3.4. // InvenSense Inc., 2013.