

Решение задачи определения ориентации окуляров бинокля при помощи инерциальных датчиков с использованием различных фильтров

Научный руководитель – Латонов Василий Васильевич

Петров Александр Андреевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет космических исследований, Москва, Россия

E-mail: a.petrov1232@yandex.ru

Устройства визуальной имитации необходимы для подготовки операторов сложных систем. Они позволяют симитировать зрительные образы, которые возникают перед глазами оператора при выполнении различных сложных задач.

Рассматриваемая система относится преимущественно к военным тренажерам, которые используются при подготовке операторов боевых машин, двигающихся по земле.

Устройство имеет вид бинокля. В каждом из окуляров установлен дисплей, на который выводится изображение. В каждом из объективов установлен трехосный датчик угловых скоростей (ДУС), трехосный акселерометр и трехосный магнитометр (датчик Холла). Устройство подключено к компьютеру при помощи USB-кабеля и HDMI-кабеля. Изображение, выводимое на дисплей, обновляется в режиме реального времени и может зависеть от показаний датчиков, установленных в объективах.

Предполагается, что это устройство будет использоваться для имитации осмотра окружающей местности при помощи настоящего бинокля. Для этого требуется отслеживать ориентацию каждого из объективов настолько точно, чтобы можно было детектировать изменение их взаимного расположения.

В работе дана математическая постановка задачи отслеживания ориентации объективов бинокля. Для решения задачи ориентации предлагается использовать датчики, установленные в объективах. Предложен алгоритм оценки ориентации объективов при помощи данных, поступающих с датчиков.

Разработанный алгоритм основан на классических решениях задачи ориентации тела, на котором закреплены инерциальные датчики и магнитометры. В работе предполагается, что оси чувствительности датчиков взаимно перпендикулярны. Более того, предполагается, что оси чувствительности всех типов датчиков либо сонаправлены, либо противоположнонаправлены.

Ориентацию можно определять при помощи ДУС, интегрируя уравнения Пуассона. При таком подходе ошибка оценки ориентации линейно возрастает по мере работы алгоритма.

Другой способ определения ориентации - комбинирование данных с акселерометра и магнитометра. Этот способ приводит к постоянной ошибке при вычислении ориентации, без её накопления в течение времени. Однако эта ошибка может быть достаточно большой, ведь магнитометр и акселерометр достаточно чувствительны к внешним помехам, таким как появление поблизости нового источника магнитного поля, например, телефона наблюдателя, или, допустим, появление внешнего ускорения, например, при очень быстрой смене ориентации бинокля, создающей центростремительное ускорение.

Более оптимальным способом будет использование данных всех упомянутых выше датчиков вместе в таких фильтрах, как фильтры Калмана и Маджвика. Наиболее качественный по результатам в решении задачи фильтр - улучшение стандартного фильтра Калмана, двухэтапный фильтр, то есть с использованием фильтра Калмана дважды.

В процессе используется представление ориентации тела в качестве матрицы поворота, углов Эйлера и кватернионов вращения. В качестве показателя точности были использованы дополнительные эталонные устройства, также установленные на окуляры, с гораздо более высокой точностью, чем обычные датчики, с которых уже была получена ориентация в одном из упомянутых представлений. С ней мы сравнивали вычисленную в нашем алгоритме ориентацию.

Идея алгоритма состоит в использовании данных из предварительного опыта, в котором вращались окуляры и бинокль только вокруг оси симметрии бинокля, после чего вычисленная в этом опыте ось симметрии использовалась в последующих опытах для нахождения ориентации окуляров относительно друг друга. Для этого вычислялся угол поворота вокруг оси симметрии ведущего окуляра так, чтобы он совпадал по ориентации со вторым окуляром. Выбиралось произвольно, какой из окуляров взять ведущим.

После этого кватернионы для обоих окуляров записывались в одной системе координат и комплексировались для улучшения результата. В конце проводилось моделирование результата и оценка качества.

Данные с используемых датчиков GY-80 и GY-801 получали с помощью плат Arduino Nano, которые были запрограммированы в соответствующей среде Arduino IDE. Анализ данных и моделирование производились в математическом пакете Wolfram Matematika. Фильтры Калмана и Маджвика были написаны с использованием C++ и Matlab.

В результате проверки качества алгоритма и моделирования результата можно сделать вывод о неплохой для реальных задач точности полученной оценки ориентации бинокля и его окуляров.