

УДК 629.7.05

Особенности реализации алгоритмов ориентации бесплатформенных инерциальных навигационных систем на базе одноплатных компьютеров Raspberry Pi

Даниленко Наталья Вадимовна

danilenkonv@student.bmstu.ru

Масленников Андрей Леонидович^(*)

amas@bmstu.ru

Долгова Юлия Сергеевна

dolgovayus@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются особенности реализации алгоритмов ориентации блока инерциальных измерений, устанавливаемых на одноплатном компьютере семейства Raspberry Pi. Используются алгоритм навигации, а также фильтры Маджвика и Махони с целью сравнения точности определяемых навигационных параметров. Были проведены вычислительные эксперименты с использованием микромеханических БИНС разных классов точности, показавшие эффективность применения алгоритмов комбинированных фильтров по сравнению с алгоритмом навигации на БИНС низкого класса точности при рассматриваемой аппаратной конфигурации вычислителя и датчика.

Ключевые слова: БИНС, МЭМС, алгоритм навигации, алгоритм ориентации, фильтр Маджвика, фильтр Махони

Введение. Эффективность функционирования автономных систем управления различных подвижных объектов напрямую зависит от точности получаемых параметров движения, что в основном определяется выбором блока инерциальных измерений (БИИ) и алгоритма решения навигационной задачи. В настоящее время ввиду своей низкой стоимости широкое распространение получили микромеханические БИИ. Такие системы часто обладают достаточно большими погрешностями чувствительных элементов и низкой частотой передачи данных, что делает невозможным использование алгоритмов с высокой вычислительной сложностью и требует применения более простых и эффективных алгоритмов.

Материалы и методы; результаты. Алгоритм навигации [1] требует больших вычислительных ресурсов и достаточно большой частоты поступления данных от БИИ. Ошибка определения углов ориентации растет с течением времени из-за наличия дрейфа ДУС, из-за чего накапливается ошибка и в определении линейных скоростей, которая также, в свою очередь, возрастает ввиду наличия смещений нулей акселерометров, даже с учетом предварительно проведенной процедуры калибровки. При использовании БИИ, обладающих значительными погрешностями инерциальных датчиков, повысить точность получаемых навигационных определений можно за счет комбинированных фильтров. Данный подход к решению задачи ориентации заключается в объединении показаний ДУС и акселерометров, а иногда и магнито-

метров и реализован в фильтрах Маджвика и Махони [2–4]. Данные фильтры несколько более вычислительно устойчивы.

В данной работе рассмотрена реализация описанных подходов к решению задачи ориентации на БИИ разных классов точности. Были проведены натурные эксперименты с использованием высокоточного микромеханического БИИ Analog Device ADIS16488 и БИИ меньшего класса точности WaveShare Sense Hat (с). В качестве вычислителя в обоих случаях использовался одноплатный компьютер Raspberry Pi 4 model B.

Полученные в ходе экспериментов показания БИИ обработаны рассмотренными алгоритмами. Было получено, что при использовании Analog Device ADIS16488 достаточную точность навигационных определений обеспечивает все три алгоритма. При использовании WaveShare Sense Hat (с) алгоритм навигации выдал неудовлетворительные результаты ввиду значительных погрешностей инерциальных измерителей и низкой частоты передачи данных, а комплементарные фильтры обеспечили достаточную точность определения углов ориентации. Стоит отметить, что частота съема данных с датчиков в среднем составляла от 800 до 1000 Гц (ADIS16488) и не превышала 400 Гц (WaveShare Sense Hat (с)).

Заключение. В работе была рассмотрена особенность применения алгоритмов навигации, ориентации Маджвика и Махони по данным от микромеханических БИИ различных классов точности с реализацией на Raspberry Pi. В результате проведенных натурных экспериментов было получено, что алгоритм навигации, обладающий высокой вычислительной сложностью, эффективен только при использовании высокоточных инерциальных датчиков, способных взаимодействовать с вычислителем по достаточно скоростному интерфейсу передачи данных.

Список источников

- [1] Salychev O.S. *Inertial Systems in Navigation and Geophysics*. Moscow, BMSTU Press, 1998, 352 p.
- [2] Madgwick S.O.H. *An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays*. 2010, 32 p.
- [3] Madgwick S.O.H., Harrison A.J.L., Vaidyanathan R. Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm. *Proc. of IEEE international conference on rehabilitation robotics*, 2011, art. no. 5975346. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2011.5975346>
- [4] Mahony R., Hamel T., Pflimlin J.M. Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2008, vol. 53 (5), pp. 1203–1218. <https://doi.org/10.1109/TAC.2008.923738>