

УДК 004.4

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ПОДСИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ И МАНЕВРИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО БАЛАНСИРУЮЩЕГО РОБОТА

А. В. Никорак, д. т. н. А. А. Саченко, А. Ю. Рошупкин

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича
Украина, г. Черновцы
aleks.nykorak@gmail.com

Описан оптимизированный алгоритм контроля условного угла наклона сенсора, на основе которого разработана усовершенствованная подсистема стабилизации и маневрирования мобильного балансирующего робота. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: фильтр Калмана, балансирующий робот, алгоритм стабилизации, оптимизация.

С развитием робототехники все большую популярность приобретают балансирующие роботы [1], которые используются в таких устройствах, как скутеры для прогулок, роботы-экскурсоводы, домашние роботы-помощники и роботы-ассистенты. Основными производителями подобных роботов, стоимость которых достаточно высока, являются фирмы Segway, Lego, Toyota. Хотя существует большое количество алгоритмов и устройств для балансирующих роботов [1—3], каждый из них по-своему уникален [1] и требует мощных вычислительных процессоров и высокоточных сенсоров. Это, в свою очередь, ограничивает сферу использования подобных устройств и увеличивает их цену. Один из основных параметров балансирующего робота — условный угол наклона робота. Цель данного исследования разработка универсального алгоритма, который смог бы объединить большое количество основных технических решений по контролю данного угла и стабилизации балансирующего робота.

В процессе функционирования мобильного балансирующего робота (рис. 1), модуль управления и обработки информации «Management module and data processing» опрашивает модуль балансировки «Balancing module», затем данные обрабатываются и передаются драйверу двигателей «Motor driver», а также, через последовательный порт «Serial port», — отдельному устройству для мониторинга. Драйвер «Motor driver» двигателей получает управляющие сигналы в виде цифровых сигналов 0 или 1 по четырем сигнальным линиям.

Модуль управления и обработки информации «Management module and data processing» вначале

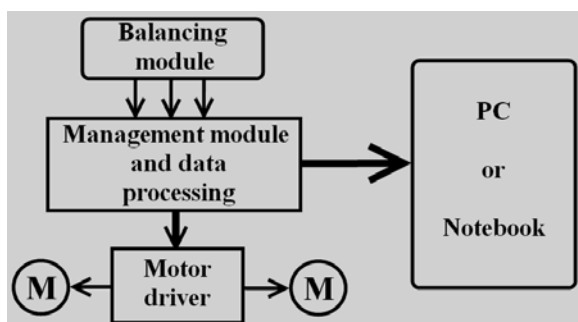


Рис. 1. Структура подсистемы стабилизации и маневрирования мобильного балансирующего робота

проводит тестовый опрос сенсора «калибровка» по трем осям (X, Y, Z) и запоминает эталонные значения калибровки, а далее — в цикле выполняются операции опроса. Для создания возможности точной обработки данных предложено в состав модуля ввести фильтр Калмана [5] с реализацией дополнительной процедуры, содержащей следующие операции: опрос сенсора по оси X с последующим его запоминанием; задержка в 10 мс с последующим повторным опросом. Заметим, что такая процедура выполняется 5 раз с последующим усреднением результата. После завершения опроса по оси X аналогично опрашивается ось Y и ось Z. Далее управление передается рабочему блоку постоянного цикла опроса сенсора с задержкой 2 мс и выполняется повторная фильтрация Калмана [4, 5].

Проведены экспериментальные исследования условного угла наклона сенсора без фильтрации и с использованием фильтрации Калмана, в ходе которых разработанной системой было считано, в соответствии с рекомендациями [6], 300 показаний сенсора по трем осям, причем сенсор находился в состоянии спокойствия. Результаты экспериментальных исследований отображены на рис. 2. Здесь видно, что использование фильтрации Калмана, увеличивает точность обработки, примерно в 3 раза.

Во второй части экспериментальных исследований было оценено быстродействие для 300 показаний (см. рис. 2, а). Следует отметить, что в связи с применением временных задержек и увеличением количества операций, обусловленных применением фильтра Калмана, может уменьшиться быстродействие. Поэтому предложено оптимизировать алгоритм следующим образом: калибровка сенсора (проводится один раз в начале работы алгоритма); опрос сенсора по осям X, Y и Z; запоминание условных значений угла; выполнение задержки; повторный опрос сенсора. В результате уменьшается в 2,9 раза количество задержек, а соответственно, и время обработки, в частности с 15055 до 5275 мкс для 300 значений.

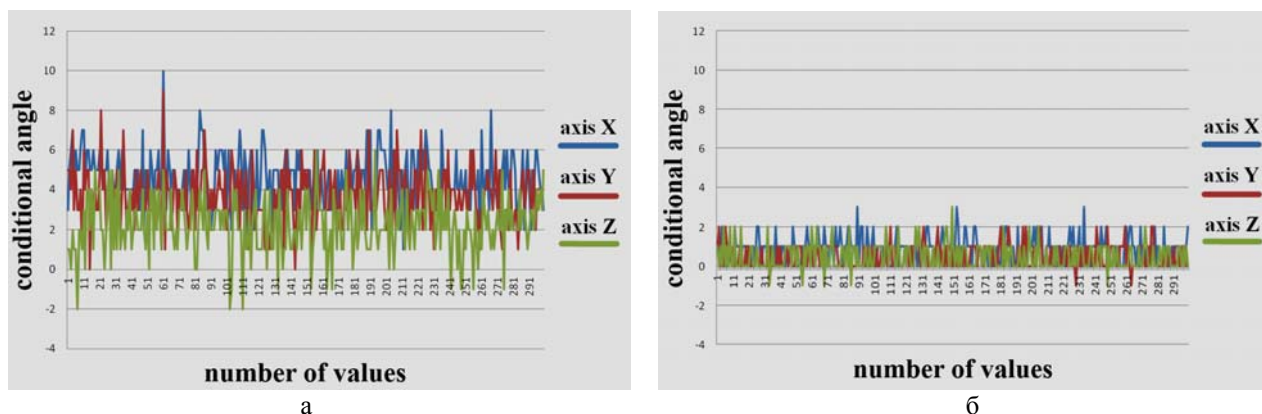


Рис. 2. Зависимость условного угла наклона: а — без фильтрации; б — с использованием фильтра Калмана

Предложенный алгоритм может использоваться не только при изготовлении дорогих устройств, к примеру, скутеров Segway, но и при создании сравнительно дешевых проектов, таких как роботы-помощники, роботы-экскурсоводы и т. п.

Таким образом, предложенный в работе оптимизированный алгоритм и усовершенствованная подсистема стабилизации и маневрирования мобильного балансирующего робота позволит увеличить точность обработки примерно в 3 раза с незначительным уменьшением быстродействия, а также сократить время обработки в 2,9 раза.

В будущем имеет смысл исследовать алгоритм на цифровых сенсорах ускорения, с возможностью поиска препятствий, улучшенной навигацией и записью маршрутов движения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. James Kuffner, Jr., Satoshi Kagami, Masayuki Inaba, Hirochika Inoue. Control Algorithm for Stable Walking of Biped Robots // Proceedings of Humanoids 2000: First RAS / IEEE Int'l Conf. on Humanoid Robots.— P. 1—4.
2. ITP Sensor Workshop Wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/Reports/MMA7260Q> – Sensor Workshop at ITP Reports / MMA 7260 Q
3. Shimo-Meguro, Meguro-ku // Freescale Semiconductor Japan Ltd. DataMMA7260QT 2008 — 1-12 pages.
4. Научная библиотека избранных естественно научных изданий научная-библиотека.рф [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://sernam.ru/book_adapt.php?id=20 – Адаптивные фильтры
5. CMRoboBits: Creating an Intelligent AIBO Robot // Kalman filter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter Mobile Robot Localization and Mapping using the Kalman Filter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.cs.cmu.edu/~robosoccer/cmrobobits/lectures/Kalman.ppt>
6. М.Ю. Овчинников, Е.А. Цветков. Проектирование имитатора геомагнитного поля в составе лабораторного стенда для отработки способов управления ориентацией микроспутников / Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – 2005. – №55. – 29 с.

A. V. Nykorak, A.A. Sachenko., A.Yu. Roshchupkin

Improved stabilization and maneuvering subsystem of a mobile balancing robot.

The paper describes the optimized control algorithm for the conditional tilt angle of the sensor. The designed improved stabilization and maneuvering subsystem of mobile balancing robot is based on this algorithm. Experimental results are presented.

Keywords: *Kalman filter, balancing robot, stabilization algorithm, optimization.*