

Материал опубликован в сборнике тезисов 19 Всероссийской научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». СПб.: ЦНИИ РТК. 2008, с.85–87.

Использование автоматного программирования для построения многоуровневых систем управления мобильными роботами

Клебан Виталий Олегович, Шалыто Анатолий Абрамович

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Для построения надежного программного обеспечения (ПО) целесообразно использовать технологию автоматного программирования [1], в которой, в частности, предлагается строить программу как систему автоматов, взаимодействующих между собой за счет *вложенности и вызываемости*. Использование автоматного подхода при создании ПО обладает рядом достоинств: документируемость [2], возможность верификации [3], упрощение внесения изменений и т.д.

Рассмотрим в качестве примера применения автоматного программирования проектирование модуля управления поворотным дальномером, который установлен на мобильном роботе *КВАРК-М* (рис. 1) [4].

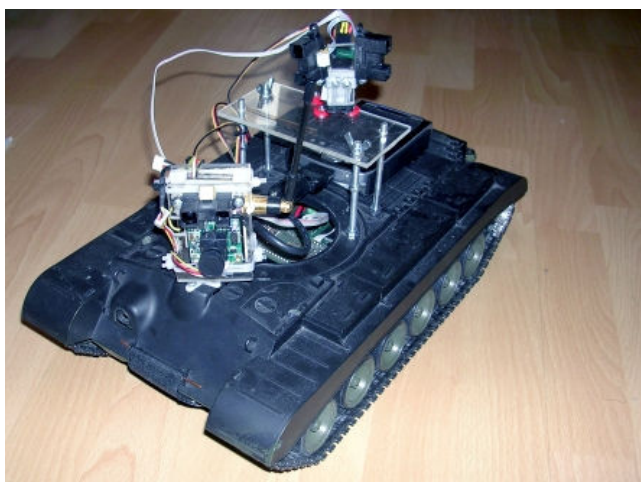


Рис. 1. Мобильный робот *КВАРК-М*

Дальномер состоит из индикатора дальности, который смонтирован на поворотной платформе. Ее поворот регулируется с некоторой дискретностью. Задача рассматриваемого модуля обеспечить робота как можно более точными данными о наличии препятствий на маршруте. При решении этой задачи стало ясно, что поворотный стол должен вращаться не с постоянной скоростью, а изменять ее в зависимости от наличия препятствий. Так, например, при наличии препятствия справа необходимо усилить контроль правой части обзора.

При этом для поворотного стола можно выделить четыре режима (состояния) вращения: влево, вправо, влево точно, вправо точно. Автомат управления этим объектом будет иметь одноименные состояния.

Пусть переменные x_1 и x_2 обозначают соответственно помеху слева или справа, а переменная x_3 будет устанавливаться в ноль, когда платформа повернута вправо, и в единицу, когда она повернута влево.

Выделим также событие e_0 , соответствующее достижению платформой крайнего положения. Это воздействие используется как событие, так как это воздействие импульсное.

Для указанных состояний, переменных и события построим управляющий автомат A , граф переходов которого приведен на рис.2.

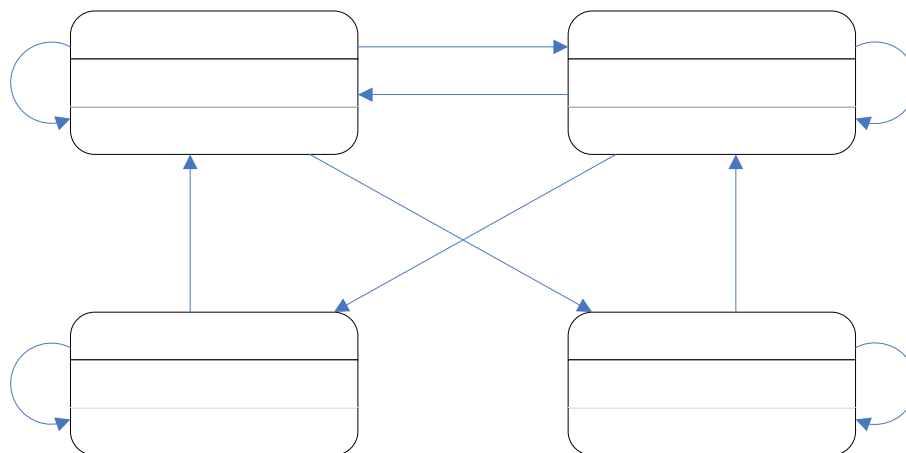


Рис. 2. Граф переходов автомата управления поворотным столом

В i -ое состояние этого автомата вложим автомат A_i ($i = 0, \dots, 3$), реализующий действия, необходимые для обеспечения работы объекта управления в этом состоянии. На рис. 3 в качестве примера приведен автомат A_1 , обеспечивающий работу двигателя поворотного стола.

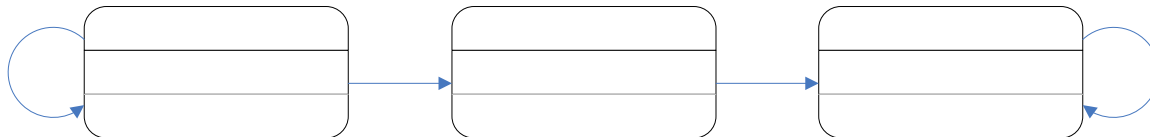


Рис. 3. Пример гибридного автомата

Таким образом, строится иерархическая система взаимодействующих автоматов.

При управлении роботом важным также является и непрерывное управление, особенно в тех случаях, когда, например, в первом состоянии должен использоваться один закон управления, а, например, втором состоянии – другой. Переключение законов управления может осуществляться автоматом, образуя, так называемый, гибридный автомат (гибридную систему) [5]. Автомат на рис. 3 гибридный, так как при одинаковых значениях аргумента ($X < 10$) в разных состояниях будут реализованы различные законы непрерывного управления.

В настоящее время программный комплекс управления мобильным роботом *КВАРК-М* является трехуровневой системой. Верхний (первый) уровень (автоматизированное рабочее место оператора телеуправления) реализован на переносном персональном компьютере с использованием беспроводной связи *Wi-Fi*. Средний (второй) уровень (бортовой компьютер) обеспечивает автономное управление, например, при отключении телеуправления. Он реализован на основе карманного персонального компьютера. Нижний (третий) уровень (периферийные модули), реализованный на контроллерах, например, *AT91SAM7P256*. Эти модули управляют различными узлами робота.

Программирование всех уровней системы выполнялось на основе автоматного подхода. При этом на верхнем уровне применялось три автомата, на среднем – пять, а на

нижнем – одиннадцать (два из них – гибридные, а четыре – однотипные). При помощи гибридных автоматов осуществляется контроль и управление скоростью вращения гусениц (используется пять законов непрерывного управления).

Дальнейшее развитие методов автоматного программирования применительно к проектированию ПО мобильных роботов связано с применением автоматизированных сервисов для обеспечения повторного использования модулей ПО, которые также реализуются с помощью конечных автоматов [6].

В заключение работы отметим, что применение автоматов в мобильных роботах, также как и в работе [7], позволяет резко повысить качество ПО.

Источники

1. *Шалыто А. А.* Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука, 1998. <http://is.ifmo.ru/books/switch/1>
2. *Сайт по автоматному программированию* (<http://is.ifmo.ru>). Разделы «Проекты» и «UniMod-проекты».
3. *Сайт по автоматному программированию* (<http://is.ifmo.ru>). Раздел «Верификация».
4. *Клебан В.О.* Мобильный робот *КВАРК-М*. <http://quark-bot.blogspot.com>
5. *Сениченков Ю. Б., Колесов Ю. Б.* Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
6. *Клебан В. О., Шалыто А. А.* Автоматизированные сервисы и мобильные роботы / Сборник тезисов 19 Всероссийской научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». СПб.: ЦНИИ РТК. 2008, с.115, 116.
6. *Brooks R. A.* A Robust Layered Control System for a Mobil Robot //IEEE Journal of Robotics and Automation. 1986. № 2, pp.14–23.