

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Потехин А.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65
an_pot@mail.ru

Разрабатывается дискретно-событийная система управления верхнего уровня автономным мобильным роботом. Исходная система управления роботом задана множеством компонент нижнего уровня (движение к цели, обход препятствий и т. д.). Каждой компоненте сопоставлен управляющий конечный автомат. Координация и синхронизация компонент осуществляется с помощью связей конечных автоматов. Каждой компоненте находится множество компонент постусловий и множество компонент предусловий. Взаимодействие компонент изображается в виде фрагментов сети Петри. Соединение фрагментов образует сеть Петри, которая является дискретно-событийной системой моделирования и управления верхнего уровня автономного мобильного робота.

Ключевые слова: автономный робот, дискретно-событийная модель управления верхнего уровня, сеть Петри.

Введение

Разработке и исследованию методов и стратегий движения автономных мобильных роботов в загруженных препятствиями пространствах и среди людей посвящены многие работы [1]. При этом система управления мобильным роботом, вне зависимости от его функциональной природы, состоит из отдельных взаимодействующих компонент, содержащих описание процедур непрерывных процессов (например, обход препятствия, движение к цели и т. д.). [2]. Каждая компонента нижнего уровня содержит формальную процедуру общения с внешней средой робота (например, в виде программы или алгоритма). Очень важно: функционирование каждой компоненты можно точно описать независимо от других компонент, за исключением взаимодействия компонент друг с другом. Для описания их взаимодействия обычно вводятся состояния компоненты. В простейшем случае состояния компоненты представляется конечным автоматом с двумя состояниями: рабочее и нерабочее. Даже в этом случае последовательно-параллельное взаимодействие компонент в системе управления мобильным роботом создает определенные трудности при моделировании системы управления робота.

В статье разработан автомат, моделирующий функционирование широкого класса компонент системы управления роботом нижнего уровня. Исходим из того, что каждая компонента нижнего уровня может находиться в одном из следующих состояний: начальном (процедура не активна), рабочем (осуществляется процесс обработки входной информации и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы робота), и состоянии окончания функционирования процедуры (цель достигнута, обход препятствия закончен).

На рисунке 1 изображен граф переходов автомата, содержащий состояния и переходы некой компоненты, обозначим ее как A .

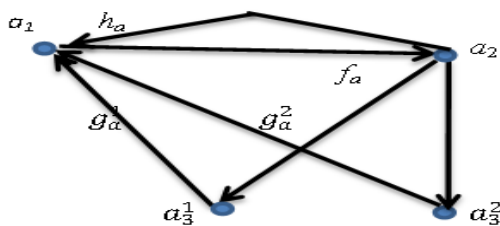


Рис. 1. Граф переходов автомата, моделирующий функционирование компоненты A робота

Состояние a_1 – начальное состояние, состояние a_2 – рабочее состояние компоненты. Состояние окончания работы процедуры обозначим как a_3 . Возможно, что процедура имеет два и более различных состояний окончания работы. Так на рисунке 1 показаны два состояния окончания работы – a_{31} , a_{32} . Важнейшим элементом автомата является состояние окончания работы процедуры А, это состояние a_3 . Это короткое по времени состояние по сравнению с длительностью работы процедуры А (состояния a_2). В теории дискретно-событийных систем (DES) это состояние соответствует неуправляемому ожидаемому событию. Сопоставим состоянию окончания работы процедуры А логическую переменную a . От переменных типа a зависят значения логической функции запуска процедуры (функция f). В состоянии a_2 определим логическую переменную, соответствующую началу работы процедуры, обозначим ее как a_2 . Функции g^1, g^2 – логические функции переменных типа a_2 . Логическая функция сброса в начальное состояние (функция h) зависит от переменных типа a и a_2 .

Рассмотрим пример взаимодействия двух процедур А и В. Пусть после окончания работы процедуры А запускается процедура В, затем после окончания процедуры В запускается процедура А, затем процесс повторяется. Обозначим этот процесс как $A \rightarrow B \rightarrow A$. Автомат процедуры А имеет состояния a_1, a_2, a_3 , автомат процедуры В имеет состояния b_1, b_2, b_3 . Функции переходов автоматов имеют вид:

$$f_b = a, g_a = b_2, \text{ затем } f_a = b, g_b = a_2, \text{ затем } f_b = a \text{ и т. д.}$$

В теории сетей Петри [3] этот процесс представляется, как выполнение предусловия А (фишка в позиции А), затем при $a = 1$ выполняется переход фишки в позицию В, затем при $b = 1$ выполняется переход фишки в позицию А и т. д. Сеть Петри этого процесса показана на рис.2.

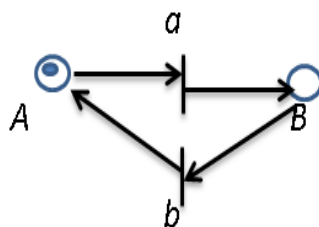


Рис.2. Сеть Петри для процесса $A \rightarrow B \rightarrow A$.

В случае, когда после окончания процедуры А происходит запуск процедур В и С, обозначим это как $A \rightarrow (B \vee C)$. Соответствующий фрагмент сети Петри показано на рис.3.

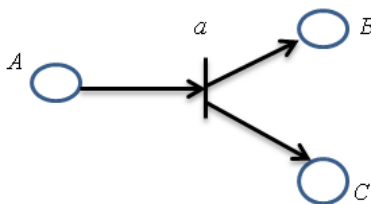


Рис.3. Фрагмент сети Петри для случая $A \rightarrow (B \vee C)$

Функции переходов автоматов А, В, С имеют вид:

$$f_b = a, f_c = a, g_a = b_2 c_2$$

В случае, когда после окончания процедуры А происходит запуск процедур В или С, обозначим это как $A \rightarrow (B \vee C)$.

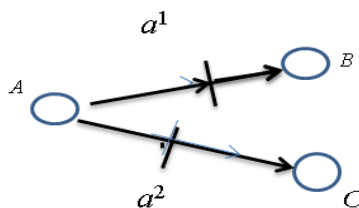


Рис.4. Фрагмент сети Петри для случая $A \rightarrow (B \vee C)$

В этом случае автомат компоненты A имеет два состояния окончания - a^1 и a^2 . Соответствующие функции переходов автоматов A, B, C имеют вид:

$$f_b = a^1, \quad f_c = a^2, \quad g_a^1 = b_2, \quad g_a^2 = c_2$$

Общий случай: $A \rightarrow (B \cup C \cup D \cup E)$.

$$f_b = f_c = a^1, \quad f_d = f_e = a^2, \quad g_a^1 = b_2 c_2, \quad g_a^2 = d_2 e_2$$

В теории сетей Петри эти случаи соответствуют ситуации, когда процедура A является предусловием, а остальные процедуры являются процедурами - постусловиями. Аналогично, находим множество компонент - предусловий для компоненты - постусловия A .

Таким образом, идея предлагаемого подхода: каждой компоненте робота находится множество компонент - постусловий и множество компонент - предусловий. Строим соответствующие фрагменты в виде сетей Петри. Соединение фрагментов образует сеть Петри, которая является дискретно-событийной системой моделирования и управления верхнего уровня автономного мобильного робота.

Литература

1. Браништов С.А., Харланова П.А., Байбакова О.А. Проблемы движения мобильных роботов в скоплениях. Труды MLS18, Москва, ИПУ РАН, 2018г.
2. Gayan W. Gamage, George K. I. Mann and Raymond G. Gosine. Discrete Event Systems based Formation Control Framework to Coordinate Multiple Nonholonomic Mobile Robots // The 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems October 11-15, 2009 St. Louis, USA
3. Дж. Питерсон. Теория сетей Петри и моделирование систем. М., Мир, 1984.г. 264 с.