

уравнения ко всем координатным функциям $\Psi_n(\mathbf{X})$, $n = \overline{0, m}$, что в итоге приводит к системе линейных алгебраических уравнений [3]:

Литература

1. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике / Под ред. Г. В. Обрезкова. – М.: Высшая школа, 1985.
2. Крылов В. И. Приближенные методы высшего анализа. – М.: Физматгиз, 1962.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА МАРКИРОВАННЫХ ГРАФОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ

Лялько А. П.

Брестский политехнический институт

При создании широкого класса цифровых систем управления возникает необходимость разработки устройств, реализующих параллельные алгоритмы логического управления. В настоящей статье приводится обзор метода описания поведения управляющего автомата с использованием частных случаев сетей Петри. Использование маркированных графов или сетей Петри является не единственно возможным способом описания поведения параллельного автомата (УА). Так, в работе [1] описывается механизм использования языка параллельных граф-схем алгоритмов (ПГСА) для описания параллельного алгоритма управления. Данный способ относится к классу композиционно-автоматных форм описания поведения УА. Его особенностью является представление параллельной граф-схемы алгоритма (ГСА) совокупностью одновременно выполняемых последовательных ГСА, методы синтеза УА по которым достаточно хорошо изучены и подробно

изложены в литературе, в частности в работах [2, 3]. В работе [4] приводится описание применения аппарата маркированных графов и, в частности, сетей Петри для описания поведения параллельных УА.

Маркированным графом называется ориентированный граф, состояние которого отмечается (маркируется) помещением меток в некоторое подмножество его вершин. При фиксированной начальной маркировке функционирование модели определяется перемещением меток из одного подмножества вершин в другое, которое осуществляется по определенным правилам. При использовании сетей Петри для описания поведения УА вершины маркированного графа интерпретируются как отдельные технологические операции, производимые на объекте управления (ОУ), что придает такому языку технологическую естественность.

Сеть Петри общего вида задается тройкой множеств $N = (S, T, F)$ для которых: $S \cup T = \emptyset$, $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$, где S – множество мест, T – множество переходов, F – отношения связи между ними, $X \cup T$ – множество вершин сети [5]. Маркированная сеть $N = (S, F, T, M_0)$ – это сеть $N = (S, T, F)$ с начальной маркировкой M_0 . Для задания структуры параллельного автомата используют различные частные случаи сетей Петри. Одним из подклассов сетей Петри является подкласс расширенных сетей свободного выбора (extended free choice net или EFC-сети) [6]. В начальной маркировке EFC-сети имеется только одна метка. К подклассу EFC-сетей относятся и α -сети. Так, в работе [7] приводятся алгоритмы генерирования псевдослучайных параллельных автоматов со структурой в виде α -сети. Так же, как и сеть Петри, α -сеть задается тремя множествами: $N = (S, T, M_0)$, где $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множество мест, $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ – множество переходов, M_0 – начальная маркировка сети. Любой из переходов τ_i представляет собой пару (μ_i, ν_i) , где μ_i – множество входных мест перехода, ν_i – множество выходных мест. Отличительной особенностью α -сетей является то, что множество входных мест любых двух переходов либо не пересекается, либо совпадает. Переходы с совпадающим множеством входных мест называют

6. Моделирование и синтез вычислительных систем

предложениями. Альфа-сети предпочтительнее по следующим причинам. Во-первых, их параллелизм не начинается с начального состояния, а является результатом распараллеливания последовательного процесса, что соответствует структуре параллельных алгоритмов. Во-вторых, одним из свойств корректного циклического алгоритма (управляющие алгоритмы как правило являются циклическими) является восстанавливаемость, то есть способность из любого достижимого полного состояния вернуться в исходное; корректная же α -сеть всегда восстанавливаема. Далее подробно остановимся на способе задания структуры параллельного УА в виде маркированного автомата и соответствующего математического описания.

Пример α -сети приводится на рис. 1. Сеть задается тройкой $N = (S, T, M_0)$, где $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множество элементарных технологических операций некоторого объекта управления. Для каждой вершины s_i определим пару (p_i, v_i) , где p_i – отношение активности i -й вершины, $p_i = \{0, 1\}$, $i = 1, n$, $p_i = 1$ – i -я вершина активна (включена в текущую маркировку), $p_i = 0$ – i -я вершина не активна (не включена в текущую маркировку); v_i – состояние выходов объекта управления. Маркировка α -сети M_k на k -м шаге представляет собой множество $\{p_1, p_2, p_n\}$, где p_i – активность i -й вершины. Множество T представляет собой множество переходов α -сети. $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$. В дополнение к упоминавшимся ранее множествам входных вершин μ_i и выходных вершин ν_i для каждого перехода τ_i введем условие перехода w_i – булеву функцию от входов (сигналов, поступающих на входы объекта управления), вызывающую переход.

Переход τ_i активизирован, если выполняются условия: $\sigma \cap p_r^{\mu}$, где p_r – маркировка r -й входной вершины перехода τ_i и $w_i = 1$. Для активизированного перехода выполняется новая разметка по следующим правилам:

- 1) для всех p_r^{μ} , устанавливается значение 0,
- 2) для всех $p_r^{\nu_i}$, устанавливается значение 1.

Срабатывание активизированного перехода заключается в следующем изменении маркировки сети: $M_{k+1} = (M_k \setminus \mu_i) \cup \nu_i$. Переход от маркировки M_k к

маркировке M_{k+1} таким образом, сводится к перемещению меток из множества входных вершин μ во множество выходных вершин ν по активизированным переходам τ .

При использовании аппарата α -сетей для представления параллельных автоматов встает задача обеспечения требований корректности автомата. Корректность параллельного автомата обеспечивают следующие свойства:

- 1) непротиворечивость – для любых τ_i и τ_j , происходящих одновременно $v_i \cup v_j \neq 0$;
- 2) безызбыточность – отсутствие переходов, которые никогда не могут быть выполнены;
- 3) восстанавливаемость – способность из любого достижимого состояния вернуться в исходное;
- 4) самосогласованность – невозможность повторного запуска перехода до его завершения.

Различные варианты решения проблемы обеспечения корректности α -сетей рассматриваются в работах [6, 7, 8]. Корректность параллельного автомата обеспечивается живостью и безопасностью α -сетей. Для проверки живости и безопасности α -сетей авторами указанных работ используются правила и выводы, приводимые в работе [9].

Литература

1. Ковальчук А.М. Синтез управляющих автоматов по параллельным ГСА // Автоматизация проектирования дискретных систем. - Минск: Ин-т техн. Кибернетики АНБ, 1997, С. 92-97
2. Скляр В. А. Синтез автоматов на матричных БИС. - Минск: Наука и техника, 1984, 287с.
3. Новиков С. В. Теория регулярных структур. - Минск: Университетское, 1987, 208с.
4. Юдицкий С. А., Тагиевская Т. К., Ефремова Т. К. Проектирование дискретных систем автоматики. - М: Машиностроение, 1980, 232 с.

5. Ковалев А. В. Диагностика сетей Петри // Методы и алгоритмы логического проектирования .- Минск: Ин-т техн. Кибернетики АНБ, 1995, С. 38-48
6. Короткевич А. Г. Анализ корректности α -сетей // Логическое проектирование .- Минск: Ин-т техн. Кибернетики АНБ, 1996, С. 86-96
7. Поттосин Ю. В. Генерирование параллельных автоматов // Методы и алгоритмы логического проектирования .- Минск: Ин-т техн. Кибернетики АНБ, 1995, С. 132-142
8. Короткевич А. Г. Метод конструирования корректных ПРАЛУ-алгоритмов // Логическое проектирование .- Минск: Ин-т техн. Кибернетики АНБ, 1996, С. 97-106
9. Закревский А. Д. Элементы теории α -сетей // Проектирование систем логического управления .- Минск: Ин-т техн. Кибернетики АН БССР, 1986, С. 4-12

УДК 681.00

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИМИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Радшиевский В. А.

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

В настоящее время развитие технических средств (ТС) вычислительной техники, появление весьма компактных и надёжных малогабаритных вычислительных устройств (микропроцессоров и построенных на их основе микро-ЭВМ) качественно изменили подход к проблемам управления и проектирования систем АСУ ТП. Все эти ТС