

УДК 656.25

В. А. НИКИТИН, инженер-электроник информационно-вычислительного центра Гомельского отделения Белорусской железной дороги

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНАЛИЗА КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ СЕТИ ПЕТРИ

Приведен анализ проблемы распараллеливания задач на примере возникновения тупиковой ситуации. Предложен алгоритм определения конфликтной ситуации методом декомпозиции сети Петри при взаимодействии двух процессов и оптимизации формализованной сети Петри для изоляции конфликтной ситуации.

В связи с широким развитием информационных технологий постепенно все большее значение по выполнению функций безопасности ответственных систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики возлагается на программное обеспечение, определяющее пути дальнейшего их совершенствования. При этом особую актуальность приобретают параллельные вычисления и процессорные технологии, которые обуславливают необходимость проектирования и разработки особых методов и подходов к программному обеспечению, а также специальных методов его анализа. Следует отметить, что классическая модель анализа программного обеспечения методом конечных автоматов не обеспечивает в достаточной степени наглядность представления параллельных алгоритмов, что значительно осложняет анализ динамики функционирования параллельных процессов.

В отличие от модели конечных автоматов, механизмы сетей Петри в данном случае обеспечивают возможность моделирования и четкого анализа ответственных процессов, включающих в себя параллельно функционирующие элементы. Высокий абстрактный уровень сетей Петри позволяет использовать их механизм при моделировании как аппаратного, так и программного обеспечения систем и обеспечивает возможность определения и предупреждения конфликтных ситуаций на всем протяжении жизненного цикла проектирования и эксплуатации ответственных систем.

Применение технологий распараллеливания задач за счет использования многоядерной архитектуры центрального процессора в системе ПРЦ Ипуть позволит значительно расширить функциональные возможности системы и при этом обеспечить эффективное и надежное выполнение функций безопасности. Однако такое решение требует детального моделирования и анализа системы с целью исключения конфликтных ситуаций в работе программного обеспечения. Сети Петри предоставляют в этом случае удобный механизм для

моделирования таких систем, включающих в себя сложные элементы синхронизации параллельно функционирующих объектов и распределения между ними критических ресурсов.

Классическим примером конфликтной ситуации при распределении ресурсов в параллельной системе является тупиковая ситуация, которая возникает в результате ожидания двух и более процессов события, связанного с высвобождением критического ресурса [2]. Наличие такого состояния в процессе функционирования системы может повлечь за собой отказ в выполнении функций безопасности либо косвенным образом вывести ответственный процесс в опасное состояние, при котором выполнение функций безопасности будет иметь недетерминированный характер.

В простейшем случае тупиковая ситуация может быть представлена сетью Петри (рисунок 1), моделирующей функционирование двух параллельных процессов в критической секции и их взаимодействие через общие ресурсы.

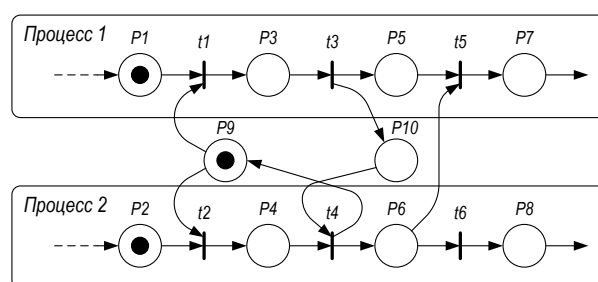


Рисунок 1 – Модель тупиковой ситуации

Декомпозиция сети Петри позволит идентифицировать критические точки, в которых сеть входит в состояние тупика и в которых алгоритм задачи не может продолжить свое дальнейшее выполнение. Декомпозиция проводится с учетом распределения общих ресурсов относительно начальной разметки сети. Для первого и второго процессов подсети Петри после декомпозиции будут иметь вид, соответственно представленный на рисунках 2 и 3.

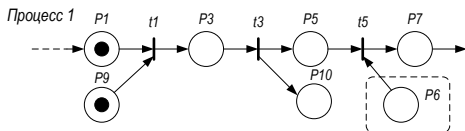


Рисунок 2 – Подсеть Петри для первого процесса после декомпозиции

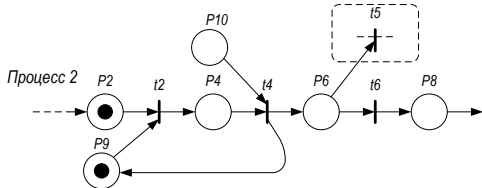


Рисунок 3 – Подсеть Петри для второго процесса после декомпозиции

Формализуем подсети в виде множества C [1]:

$$C = \{P; T; I; O\}, \quad (1)$$

где P – конечное множество позиций ($P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$); T – конечное множество переходов ($T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$); I – множество входных функций ($I : T \rightarrow P^\infty$); O – множество выходных функций ($O : T \rightarrow P^\infty$).

Множества для подсети Петри первого процесса будут иметь вид

$$\begin{aligned} P_{PP1} &= \{P_1; P_3; P_5; P_6; P_7; P_9; P_{10}\}; \\ T_{PP1} &= \{t_1; t_2; t_3; t_4; t_5; t_6\}; \\ I_{PP1}(t_1) &= \{P_2; P_4; P_6; P_8; P_9\}; \quad O_{PP1}(t_1) = \{P_3\}; \\ I_{PP1}(t_3) &= \{P_3\}; \quad O_{PP1}(t_3) = \{P_5; P_{10}\}; \\ I_{PP1}(t_5) &= \{P_5; (P_6)\}; \quad O_{PP1}(t_5) = \{P_7\}. \end{aligned}$$

Множества для подсети Петри второго процесса будут иметь вид

$$\begin{aligned} P_{PP2} &= \{P_2; P_4; P_6; P_8; P_9\}; \\ T_{PP2} &= \{t_2; t_4; t_5; t_6\}; \\ I_{PP2}(t_2) &= \{P_2; P_9\}; \quad O_{PP2}(t_2) = \{P_4\}; \\ I_{PP2}(t_4) &= \{P_4; P_{10}\}; \quad O_{PP2}(t_4) = \{P_6; P_9\}; \\ I_{PP2}(t_5) &= \{P_6; (P_5)\}; \quad O_{PP2}(t_5) = \{(P_7)\}; \\ I_{PP2}(t_6) &= \{P_6\}; \quad O_{PP2}(t_6) = \{P_8\}. \end{aligned}$$

Очевидно, что отсутствие конфликта указывает на непересекающиеся множества формализованной сети. Однако такое положение характерно для параллельных процессов, функционирующих независимо друг от друга. Проанализировав полученные множества, можно отметить наличие пересекающихся подмножеств для обоих процессов:

$$\begin{aligned} P_6 &\in [P_{PP1}; P_{PP2}](P_6 \rightarrow t_5); \\ P_9 &\in [P_9 \rightarrow P_{PP1}; P_9 \rightarrow P_{PP2}; P_9 \leftarrow P_{PP1}]; \\ P_{10} &\in [P_{PP1}; P_{PP2}](P_{PP1} \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{PP2}). \end{aligned}$$

Из полученного соотношения видно, что в состоянии конфликта будет находиться множество

Получено 20.09.2009

V. A. Nikitin. Development of the model of conflict situation analysis applying the method of Petri net decomposition.

The analysis of the problem of task parallelizing is demonstrated on the example of deadlock appearance. Conflict defining algorithm applying the method of Petri net decomposition by interaction of two processes and optimization of formalizing Petri net for conflict isolation is offered.

переходов, так или иначе связанных с указанными позициями. Однако их анализ в больших сетях может быть затруднен и неочевиден ввиду значительного количества переходов и сложности сети. Следовательно, необходимо произвести оптимизацию множества переходов сети для того, чтобы вычленил из них те, которые не будут являться местом-причиной конфликта, а будут иметь характер наследственности, т. е. такой переход уже будет являться переходом тупиковой сети. Очевидно, что такими будут переходы, у которых входная функция содержит в основном только позиции «своего» процесса. После оптимизации множество потенциально конфликтных переходов будет иметь вид

$$T = \{t_1; t_2; t_4; t_5\}. \quad (2)$$

Таким образом, изоляция конфликта сведется к анализу четырёх переходов. Изоляция конфликта позволит прогнозировать место возникновения конфликта и даст возможность предварительно планировать распределение критических ресурсов в системе. Данное обстоятельство позволяет значительно снизить затраты на локализацию конфликтной ситуации в критической секции функционирования и взаимодействия параллельных процессов.

В заключение можно отметить, что аппарат сетей Петри служит эффективным средством описания и моделирования дискретных параллельных процессов [3]. По сравнению с традиционными механизмами моделирования, такими как конечные автоматы, сети Петри обеспечивают большую наглядность и компактность описания, выполняя и поддерживая на этапах проектирования и реализации функциональную декомпозицию системы. Высокий уровень детализации анализа возникновения и эскалации конфликтных ситуаций методом сетей Петри в совокупности с концепцией конечных автоматов даст возможность разрабатывать надежные системы, включающие в себя ненадежные функциональные элементы.

Список литературы

- 1 Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
- 2 Гордеев, А. В. Операционные системы : учеб. для вузов / А. В. Гордеев. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 415 с.
- 3 Клепиков, В. И. Подчиненные сети Петри в задачах логического управления / В. И. Клепиков // Авиакосмическое приборостроение. – 2007. – № 8. – С. 36–40.