

Результаты экспериментов показали, что в режиме «только чтение» предложенная схема позволяет сократить накладные расходы примерно на 20%. В режиме «только запись» наблюдается двукратное увеличение пропускной способности.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФП СО РАН (ГЗ 0242-2021-0011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yu W., Wu J., Panda D. K. Fast and scalable startup of mpi programs in infiniband clusters // High Performance Computing - HiPC 2004, 11th International Conference. Bangalore, India, 2004. P. 440–449.
2. Polyakov A., Karasev B., Hursey J. A performance analysis and optimization of pmix-based hpc software stacks // EuroMPI '19: Proceedings of the 26th European MPI Users' Group Meeting. New York, USA: Association for Computing Machinery, 2019. P. 1–10.
3. PMIx: process management for exascale environments / R. H. Castain, D. Solt, J. Hursey, A. Bouteiller // Proceedings of the 24th European MPI Users' Group Meeting (EuroMPI '17). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. P. 14.
4. PMIx Consortium. 2017-2018. PMIx-based reference runtime environment (PRRTE) // Git Hub. Inc. URL: <https://github.com/pmix/prte> (дата обращения: 10.04.2023).

УДК 004.052.42

О. С. Крюков¹

e-mail: ol_kryukov97@mail.ru

¹Тулский государственный университет, г. Тула, Российская Федерация

СТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ГОНОК ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МОДЕЛИ РАСШИРЕННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

Рассматривается проблема верификации параллельного программного обеспечения. Предложен набор правил, применимых к расширенной сети Петри, представляющей модель программы, с целью обнаружения гонок данных.

Современные процессорные устройства постепенно снижают рост тактовой частоты с каждым поколением, а их развитие идёт по пути увеличения числа ядер, о чём говорится в работе [1]. В связи с этим все больше современного программного обеспечения (ПО) разрабатывается с учетом возможного параллелизма для наиболее эффективного использования предоставляе-

мых вычислительных мощностей. Однако подобное программное обеспечение отличается повышенной сложностью, что влечёт за собой все больше возможностей для ошибок, при этом затрудняя их быстрое обнаружение [2].

Помимо классических ошибок, связанных с недостатками проектирования или человеческим фактором, в параллельном программном обеспечении могут проявляться «плавающие» ошибки, связанные с последовательностью доступа операций к памяти. Такие ошибки можно разделить на два класса: «гонки» данных и взаимоблокировки. Данные классы ошибок представляют особый интерес, т. к. их «плавающий» характер не позволяет быть в полной мере уверенными в результатах таких классических проверок на ошибки, как, например, динамический анализ и тестирование, т. к. невозможно покрыть все состояния программы. В связи с этим статический анализ представляется более эффективным. В рамках данной работы остановимся на обнаружении гонок данных.

В работе [3] было предложено использование расширенной сети Петри, дополненной семантическими связями (СПДСС), для построения модели программы и её последующего анализа. Математическое описание подобной сети представлено в работе [4].

Для анализа параллельного программного обеспечения с использованием СПДСС следует ввести такое отношение между двумя любыми ее позициями, как нахождение в параллельных участках: $a_i \parallel_C a_j$. Позиция a_i параллельна позиции a_j , если не существует такого пути по управлению из стартовой позиции сети a_S , который содержит и a_i , и a_j .

Введение данного отношения позволяет сформировать правила, выполнение которых означает наличие гонок данных в программе:

- для «гонок» вида «запись – запись»:

$$\exists z_i^S (a_i \in I_A(z_i^S) \wedge a_j \in I_A(z_i^S) \wedge a_i \parallel_C a_j),$$

где z_i^S – i -й переход по семантическим связям; a_i – i -я позиция сети; $I_A(z_i^S)$ – входная функция перехода z_i^S ;

- для «гонок» вида «чтение – запись»:

$$\exists z_i^S (a_i \in O_A(z_i^S) \wedge a_j \in I_A(z_i^S) \wedge a_i \parallel_C a_j),$$

где $O_A(z_i^S)$ – выходная функция перехода z_i^S .

Анализ модели программы с применением подобных правил позволяет реализовать такой метод формальной верификации, как проверка модели (Model Checking) [5]. Дальнейшей деятельностью в данном направлении должно быть описание правил обнаружения взаимоблокировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паврозин А. В. О некоторых причинах снижения скорости роста частоты процессора // Информационные технологии: материалы 84-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск: Белорусский гос. технол. ун-т, 2020. С. 38–40.
2. Кулямин В. В. Методы верификации программного обеспечения // Конкурс обзорно-аналитических статей по направлению «Информационно-телекоммуникационные системы» // ИПС РАН. 2008. URL: https://www.ispras.ru/publications/2008/me4nods_of_software_verification/ (дата обращения: 28.03.2023).
3. Крюков О. С. Подход к решению проблем верификации параллельных программ // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Абакан: Изд-во ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», 2022. С. 20–21.
4. Ивутин А. Н., Трошина А. Г. Метод формальной верификации параллельных программ с использованием сетей Петри // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 70. С. 15–26.
5. 25 Years of Model Checking / Orna Grumberg, Helmut Veith (ред.). Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. 234 с.

УДК 004.056

К. Ш. Курбанова¹

e-mail: kemalewamil@gmail.com

¹*Институт информационных технологий, г. Баку, Азербайджанская Республика*

ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУК

В работе рассматривается проблема распознавания жестов рук по изображениям. В процессе автоматического распознавания жестов объясняется принцип работы гибридных алгоритмов, позволяющих локализовать руку, показывающую жест, в видеокадре.

Быстрое развитие информационных и коммуникационных технологий повысило роль информации во всех областях. Динамичное развитие средств связи и распространение интернета сняли ограничение общения между членами общества. Основой интеграции в общество является коммуникативный фактор. Люди с нарушениями слуха и речи не могут стать полноценными участниками общества из-за проблем с общением. Язык жестов – единственное средство общения для людей с нарушениями слуха и речи.